# 让我们插上翅膀飞翔

—— 数学组合与 Smarandache 重空间

毛林繁

# Let's Flying by Wing

——Mathematical Combinatorics

& Smarandache Multi-Spaces

Linfan MAO



Chinese Branch Xiquan House

2010

**毛林繁**

中国招标投标协会副秘书长，北京 100045
中国科学院数学与系统科学研究院研究人员，北京 100190
北京建筑工程学院兼职教授，研究生导师，北京 100044
Email: maolinfan@163.com

# 让我们插上翅膀飞翔

## —— 数学组合与 Smarandache 重空间

# Let’s Flying by Wing

## ——Mathematical Combinatorics & Smarandache Multi-Spaces

**Linfan MAO**

**Chinese Branch Xiquan House**

**2010**

This book can be ordered in a paper bound reprint from:

**Books on Demand**
ProQuest Information & Learning
(University of Microfilm International)
300 N.Zeeb Road
P.O.Box 1346, Ann Arbor
MI 48106-1346, USA
Tel:1-800-521-0600(Customer Service)
http://wwwlib.umi.com/bod

**Peer Reviewers:**

Y.P.Liu, Department of Applied Mathematics, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P.R.China.

F.Tian, Academy of Mathematics and Systems, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P.R.China.

J.Y.Yan, Graduate Student College, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, P.R.China.

W.L.He, Department of Applied Mathematics, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P.R.China.

**Copyright** 2010 by Chinese Branch Xiquan House and Linfan Mao

Many books can be downloaded from the following **Digital Library of Science**:

http://www.gallup.unm.edu/~smarandache/eBooks-otherformats.htm

**ISBN**: 978-1-59973-032-5

励志图书

谨以此书献给广大的青年朋友和我的女儿!



# 序 言

这是一本写给青年学生的书，是一位集数学、物理和管理科学与工程多门学科为一身的学者通过自身经历，对青年学生说的话。

青年时期是人生最美好的时期，是对未来充满着希望与幻想，立志成才的时期。常言说得好，“千里之行始于足下”。再长的路，一步一步也能走完，因为幻想通过实践可以变成理想和现实；再短的路，不迈开双脚也无法达到终点，因为画饼充饥永远解决不了饥饿。

人生的路不算长。我先后在一家国有大型建筑公司工作过 17 年，在建设单位工作过 3 年，在一家大型招标代理机构工作过 8 年，进入行业协会也已经 3 年之久了，人生过半矣。虽如此，少年、青年时求学的情形还不时浮现在眼帘：

中学时期我是班上的佼佼者，特别是数学，并立志要成为一个世人知晓的数学家。高考的失利使我最终没能跨入大学的门槛，不得不到建筑公司当工人，但儿时的梦想并没有就此泯灭，工作之余，仍抱着数学专业书不放。借单位在北京委托培养技术干部之际，我来到了北京，在北京工业大学一位数学教授的指导下，开始数学专业基础课以及图论的学习与研究。学习结束回到建筑公司后，工作之余坚持学习数学，参加自学考试完成了应用数学专业本科阶段的系统学习；随后以同等学历身份考入北方交通大学攻读博士学位，获得博士学位后，又进入中国科学院博士后流动站从事数学研究工作，……。

如今，我已是身兼行业管理协会副秘书长、教授和工程、数学研究生导师数职于一身的业内专家学者，而这当中，向着儿时的梦想迈进则成了鼓舞我前进的动力。

什么是失败？失败就是使得自己向成功走进了一步。什么是成功？成功就是在走完了失败后剩下的那一条路。生活的乐趣并不仅在于成功，更多地，在于追求成功所付出的艰辛努力与过程。我并没有成功，因为在实现一个目标的同时，我又会为自己确定新的目标。即便到了今天，我还会不时反省，及时调整自己人生的轨道，

以便向更高的目标迈进。

今年 10 月，我回到了从小学到中学，并在之生活了 10 年的万源市，见到分别三十多年之久的初中同学，也都是人生过半了。忆往昔，看今朝，互诉友情。同学们向我索要含“我的数学之路”的那本文集（A Collection of Selected Papers on Smarandache Geometries & Combinatorial Maps, 美国 Chinese Branch Xiquan House 出版社出版，2006 年））,说不为他们自己，是为他们的儿女；说我从一个建筑工人到博士后，并最终成为国内外知名学者所经历的路，对于鼓励他们的儿女立志成才不无借鉴。但那本 2006 年出版的文集已经所剩无几了，加之其中许多学术性文章，对一些研究人员理解起来都困难，更不要说青年学生了。为此，回到北京后，我放下了手头的一些工作，将我以往写的一些回忆性文章以及学生时期的习作，汇编成一本小书，并按中学生的思维方式，将书名定为《让我们插上翅膀飞翔》(Let's Flying by Wing)。考虑到美国那家出版社的资助方向，结合我这 10 年的主要学术思想，加上了一个副标题：数学组合与 Smarandache 重空间，其中数学组合是我这些年在 Smarandache 重空间基础上，倡导的一个在国际上与 Smarandache 悖论思想并列的科学思想。从系统科学角度讲，这两种思想正是数学乃至科学研究的翅膀 (Wing of Scientific Research)。

以下对收入本书的文章背景作一个简要介绍；

“**我的求学之路**”是 2003 年为勉励一位到京遇到工作困惑的青年成才而作。文章写完后，正好看到北京自学考试网上在进行“我与自学考试”征文活动，就用电子邮件发给了他们。这篇文章得到了许多网站的转载，有的用“我的求学之路”，有的用“我的自考求学路：从建筑工人到博士”等标题。

“**我的数学之路**”是为勉励青年学生，在四川省万源市中学，应邀向全校师生报告的一篇文章。文中详细回顾了作者由一个建筑工人，经过刻苦自学，历经委培生、建筑技术管理人员、博士生和博士后研究人员的全过程以及过程中与国内外数学家的交往。文中还回顾了作者提出数学组合化猜想的起因及国际一些研究小组对作者研究工作的关注等事项。

“**我的组合复兴之路**”是今年 3 月应教育部《中国科技论文在线》优秀学者访谈之约而作。多年来，我一直处在优秀学者数学累计点击率最高位置，也连续几年列入优秀学者月点击率前 50 名。自学使我一直就具有独立选题、独立进行科学研究的能力。加之这些年自己与国外学者的交流和国学思想的丰富，对一些科研课题的认识常与一些高校或研究机构的学者不同，而是采取从人与自然、科学与社会以及整个科学发展的眼光看问题，这也是这些年我最愿意与青年学者分享的一个话题。文章力图回答怎样选题，什么课题值得去研究等，并回顾了自己从图论进入组合研

究，由组合进入拓扑图论，直至拓扑学研究，最后进入微分几何和理论物理研究的整个过程，这当中，组合思想起到了穿针引线的作用，而不断地否定自我，并结合国际科学前沿提出新的研究课题，从而阐释人与自然协调发展则是个人学术发展的推动力，对青年学者的成长不无借鉴。

“**学习数学的点滴体会**”是 1985 年我在北京城市建设学校学习时应《中专数学研究》编委会之约，站在学生角度写的一篇体会，对青年学生掌握数学概念、定理的学习和个人题解库建设等，谈了一些体会。实际上，这也是自己从初中到高中数学学习经验的总结，相信对青年学生学习数学会有一些帮助。

“**A Forward of 《SCIENTIFIC ELEMENTS》**”是我为《SCIENTIFIC ELEMENTS》丛书写的一篇序言。文章阐述了 Smarandache 思想是人类认识客观世界的一种思想，而数学组合思想则是在此基础上，采用组合思想可以在数学上实现的思想，从而奠定了 Smarandache 思想和我的数学组合思想在科学研究上并存的基础。

“**傅氏级数、拉氏变换和 RMI 原则**”是自己在学了徐利治教授《数学方法论选讲》和一些组合数学著作后，对数学上广泛使用的关系映射反演原则（RMI 原则）的介绍，并以学生习作发表在《中专数学研究》上的一篇文章。

“**理论物理引发的二十一世纪数学 -Smarandache 重空间理论**”是作者应邀回到四川省万源市中学面向青年教师和学生介绍现代数学与物理和在“全国第二届组合数学与图论学术交流会议”上报告的一篇科普性文章，其目的是介绍二十一世纪数学的产生背景、主要方法和一些结论。其中详细介绍了宇宙大爆炸模型、Smarandache 重空间、Smarandache 几何、地图与地图几何、伪度量空间几何等内容，最后对理论物理几个问题进行了一些有益的讨论。

人生过程中，永远不要为失败找理由，因为所有的失败都没有理由只有借口；也不要为成功喜悦，因为那不过是人生旅途中的一个小小的路标。今天的失败会意味着明天的成功，只要你沿着正确的轨迹前进；同样，今天的成功并不一定意味着明天还会成功，除非你更加勤奋地学习、工作。“在科学上没有平坦的大道，只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人，才有希望达到光辉的顶点”。

愿以本书与青年朋友共勉!

毛林繁

二 O 一 O 年十一月于北京

# 目 录



# 我的求学之路

毛林繁

(中国科学院数学与系统科学研究院，北京 100190)

**摘要**: 本文简要回顾了我由一个建筑工人通过自学拿到北京是高等教育自学考试本科文凭和学士学位，考入北方交通大学攻读博士学位，并进入中国科学院数学与系统科学研究院博士后流动站从事博士后研究历程。表明了成才的路不单纯是上大学一条路，对那些没用考上大学，或是没有考上一所好大学的同学来说，不无参考和借鉴作用。
**关键词**：建筑工人，自学，成才，博士。

**Abstract**: This paper historically recalls that I passed from a construction worker to a researcher in the post-doctoral stations of Chinese Academy of Mathematics and System science, including how to receive the undergraduate diploma in applied mathematics of Peking University learn by myself, how to get to the Northern Jiaotong University for a doctorate in operations research and cybernetics studies with applications, and how to get the post-doctoral position, which shows that there are not only one way to growth and success for students in elementary school. Particularly, it is valuable for those students not getting to a university, or not getting to a favorite university.
**Key Words**: Construction worker, learn by oneself, growth and success, doctorate.

**AMS(2000)**: 01A25,01A70

工作二十年, 我从一名普通的建筑工人, 以高中为起点, 一边工作，一边自学，于 1999 年 4 月进入高校获得博士学位，2003 年 6 月进入科研机构从事专业研究。虽然过程坎坷, 但在今天看来，更多的是付出与收获。

我是在一所地区重点中学重点班读的高中。那时梦想自己能成为一个数学家。

---

[1]2003 年北京市高等教育自学考试征文。

[2]e-print: http://zikao.eol.cn

整天看数学书, 作数学练习, 觉得生活很充实。偏爱数学造成了学习偏科, 最终未能跨入大学门槛而来到一家建筑公司工作。

参加工作, 当了一名建筑工人, 一名架子工。整天在脚手架上爬来爬去, 活像一个跳高运动员。搭脚手架纯粹是一种体力劳动, 与自己在中学时代付出的努力不匹配。有了这样的想法, 在参加工作的第二年底, 我来到北京一所建筑学校学习。虽然已经工作, 但儿时的想法并未泯灭。于是一面学着建筑技术, 一面在北京工业大学一位副教授的指导下学习数学并开始从事组合数学的研究。

从建筑学校完成学业后, 我回到了原工作单位, 成了一名技术管理人员。编写施工技术文件, 处理施工中出现的技术问题成了我每日的主要工作。"既然做, 就把它做好", 这是我的原则。查技术资料, 用一些技术原理和模型解决技术难题并用于施工实践, 一度成了个人的努力方向, 数学研究也因此一度中断。这段时间先后发表过不少建筑技术论文, 也解决过不少施工难题, 并在从建筑学校回到原工作单位的第五年, 被破格提升为工程师。但随后几年就发现, 付出与收益不成比例。当时的想法很幼稚, 认为是文凭太低的原因造成的, 于是决定利用业余时间, 参加北京市高等教育自学考试, 完成本科学业。实际上, 这种现象正是国企的通病, 在国企领导人的眼里, 能干并不代表你优秀, 也不代表你能拿到好的职位与薪水。

通过四年半的努力, 在建筑业工作十四年时, 我拿到了北京大学和北京市高等教育自学考试委员会联合颁发的应用数学专业本科毕业文凭和学士学位。更加深了我对国有企业的认识。偶然一次机会, 我在北京大学见到博士生招考目录和条件, 发觉其考试科目自己在过去都学过, 有的还发表过论文, 于是产生了一种突发的奇想: 去高校直接攻读博士学位, 跳出国企这种怪圈。

在随后的三年里, 白天忙于施工管理, 早晚则忙于英语和专业课的复习。一次又一次的失败, 我没退缩。总结经验, 不是科班出身, 外语不过关。每天早晚的时间均拿来学习外语。三年后, 我终于跨入了北方交通大学攻读博士学位。

读博士学位对我来说是不紧张的。但因为无基本生活来源 (原来的工作单位不支持, 不给生活费), 这样我一面打工, 一面攻读学位, 完成论文。那时, 虽然学习不紧张, 但每天的生活是相当紧张的。早上五点左右起床, 看专业书和文献资料, 思考课题。白天不上课时, 就去打工, 以维持家庭生活开支。晚上将早上没思考完的问题想完或将得到的结果整理成论文, 打印排版, 拿出去发表。

整个博士论文无论是选题, 还是其内容, 均是按照自己独创的方式完成的。论文完成后, 交给了国内十位教授评审, 结论均为"优秀"。在进行博士论文的研究与写作过程中, 深感必须紧跟国际主流研究方向做工作。这样, 在拿到博士学位后, 个人觉得必须进一步发展自己的特色和方向。于是又花了很大力气去研究相关方向的

专著和文献, 并跨入中国科学院从事博士后研究工作。

我是北京市高等教育自学考试的毕业生。因为是自学成才，有较完整的学习方法和分析问题、解决问题的能力。这些，直接为我攻读博士学位打下了基础。我觉得人的生活必须有目标, 有追求。而在目标的实现过程中，不要过多思考别人怎样评价你和怎样看待你。著名诗人汪国真有一句诗写得好,“既然目标是地平线, 便只顾风雨兼程”。因为这样想, 并付之行动, 我由一名普通建筑工人最终成为了一位数学工作者。过程虽然曲折, 不乏辛勤与汗水, 但更多的, 则是人身价值的体现和收获的喜悦。

# 我的数学之路

毛林繁

（中国科学院数学与系统科学研究院，北京 100190 ）

**摘要**: 依据时间的先后，本文回顾了我由一个建筑工人成长为一个数学家的全过程，包括中学时期、在一家建筑公司工作、在北方交通大学攻读博士学位，在中国科学院从事博士后研究以及在国信招标有限责任公司工作等，文中细致回顾了从 1985 年 -2006 年我从事科学研究的艰辛历程，也回顾了一些研究成果的得到过程，包括数学组合化猜想的提出过程及与 Smarandache 重空间思想的对比等。
**关键词**：中学生, 工人, 工程师, 数学家, Smarandache 几何, Smarandache 重空间, 数学组合化猜想。

**Abstract**: This paper historically recalls each step that I passed from a scaffold erector to a mathematician, including the period in a middle school, in a construction company, in Northern Jiaotong University, also in Chinese Academy of Sciences and in Guoxin Tendering Co.LTD. Achievements of mine on mathematics and engineering management gotten in the period from 1985 to 2006 can be also found. There are many rough and bumpy, also delightful matters on this road. The process for raising the combinatorial conjecture for mathematics and its comparing with Smarandache multi-spaces are also called to mind.
**Key Words**: Student, worker, engineer, mathematician, Smarandache geometry, Smarandache multi-space, combinatorial conjecture on mathematics.
**AMS(2000)**: 01A25,01A70

---

[1]2006 年 3 月 26 日为四川省万源市中学全校师生报告，

[2]e-print: www.K12.com.cn 和 www.wyszx.cn

## 引子

二OO五年五月三十一日上午10:00整，中国科学院数学与系统科学研究院报告厅内，我的“*On Automorphism Groups of Maps, surfaces and Smarandache Geometries*”（论地图、曲面及Smarandache几何的自同构群）的博士后报告如期举行。与此同时，美国SNJ杂志的主编Perez博士也在关注这次报告，此前，报告的内容已经过他修改过。听报告的，除国内组合数学界五位极有威望的教授外，还有一些研究生。当我报告到*Map Geometry*一段时，中国科学院研究生院党委书记，数学家颜基义教授举起了手中一张图，问我：“Iseri的Smarandache几何模型在现实空间是可以实现的，网上这张图你看到过吗？”我说：“看到过，不仅看到过，而且研究过Iseri关于Smarandache流形的那本专著，这里定义的*Map Geometry*是他的空间模型的推广，由此可以依据组合论方法，特别是组合地图方法对经典数学及传统物理时空观进行重建与推广”。我的这种观点，立刻得到了国内组合地图学家、我的博士导师刘彦佩教授的首肯。

以上是我作博士后报告过程中的一个插曲。经过了二十余年的努力，我从一位建筑工人最终成为了数学工作者，这一过程中得到了许多国内外数学家的关心与支持，包括中学时期一些数学老师和家人对我在步入数学研究方面的影响。

## (一) 中学时期

我是在原103工程指挥部设在四川省万源市（县）子弟小学完成的小学学业，于1976年毕业。当时由小学升初中采用的是分配制，父亲时任103工程指挥部设在万源县的预制加工厂厂长。记得小学毕业时厂里一共联系了三个学校，万源中学、万源镇中学和红旗公社学校，父亲率先作出表率，主动将自己的孩子分到了红旗公社学校念初中。这样，1976年9月-1978年7月，我来到红旗公社学校读初中(两年制)。记忆中这所学校设施是相当差的，先后换过几次教室，需要既要学习，又要配合学校进行学校设施建设，其中有一段时间部分学生还承担了学校操场的修建工作，放炮、挖、运土方、平整场地等等。

记得当时教授数学、物理的是王芳喜老师。这一时期正赶上陈景润对Goldbach猜想做出“1+2”的贡献，国内舆论界对其进行大力宣传时期，特别是徐迟的报告文学“哥德巴赫猜想”，使我对数学产生了极大兴趣。在进入初中学习后经常超前学习或预习，课余时间经常向数学老师请教一些数学问题。

家里当时正好有几本五十年代出版的初等代数、初等几何书，上面的习题比当时我们学习的教科书上的习题要难，题型也多。我在课余及假期大多时间都用来解

答上面的习题。我在小学时很喜欢钓鱼，但进入中学后，基本上没有时间再去钓鱼，而将大部分时间用来学习，比如在初中第一学期将初一的数学课学完，第二学期则将整个初中数学课学完等。从初中第二年开始学习高中课程，这也是我在后来进入万源中学高中第一学期能够参加达县地区高中数学竞赛并拿到名次的原因。

1977 年参加全县初中联考，我数学得了满分 120 分。当时有一个有趣的插曲，就是负责判卷的老师认为数学试卷的标准答案有误，而我的解答是正确的，一致同意给我满分。

我觉得初中数学学习除理解概念外，一定要多做习题，并通过习题进一步理解概念的内涵与外延，这也是整个数学的学习规律。但不一定要去做偏题与怪题，后者绝大多数是一些数学家在数学研究中的偶得，虽然采用初等数学的方法可以解决，但对中学生来说其技巧与方法的深刻内涵是难于理解的。

记得当时的初中同学有李在强、李文训、蔡小红等, 他们均是学校附近农村的子女，再就是当时 103 工程指挥部预制加工厂的 5 位子弟，他们后来均在中国建筑第二工程局系统内从事工程建设。

初中毕业后参加全县升学考试，我获得了比较好的成绩。正好万源县将全县升学考试中的前 100 名考生汇总到万源中学学习，前 50 名集中在 1 班，51-100 名在 2 班，从而使得我有机会到万源县中学高 80 级 1 班学习。记得高中时期的同学赵达万、管晓红、吴书平、杨柳、张晓华、雷波等。这一时期因数学成绩突出，很得数学老师胡中生的欣赏，他不时给我讲一点课外题、特殊的解题方法等。并推荐我参加了 1979 年三月达县地区高中数学竞赛，获得了地区第 18 名的成绩。

中学时期我喜欢读一些数学课外读物，如许纯舫的《*初等几何四种*》、梁绍鸿的《*初等数学复习及研究*》、华罗庚的《*从杨辉三角谈起*》、严镇军的《*从正五边形谈起*》、高校通用教材《*高等数学*》（第一册）等。

1980 年 4 月我父母全家由万源县搬到河北唐山, 参加唐山震后恢复建设，我只能到学校住校，进行高考前的准备。参加 1980 年全国高考，虽然不理想，仍超过了本科录取线，但没能为高等学校录取。1980 年 7 月底我由四川省万源县独自乘火车去唐山。在西安候车室的书店内买到陈景润写的《*初等数论*》(II)，到唐山后又购得华罗庚的专著《*数论导引*》。于是开始学习其中的部分章节, 同时继续学习高等数学，并开始解答吉米多维奇《*数学分析习题集*》中一些习题。

中学时期的数学教育除教给学生基本知识外，更多地，应加强学生的数学素质教育，而这对任教的数学老师则提出了较高要求，即要讲清概念、定理的内涵与外延，又要知道其提出目的、思路以及对更高一层数学的作用，这是比较难的。实际上，造成许多学生不喜欢数学的一个直接原因是教师在讲课时照本宣科，不能做到

“深入浅出”，学生为应付考试“囫囵吞枣”式地学习，最后完成考试 60 分结束。对于学生来说，则需要多问几个为什么：为什么提出这个概念？为什么这样提出？有没有其它更好的提法？这个定理起什么作用？有没有更好的结果等等。同时，中学时期实际上也是学生进行人生立志的时期，这是教与学两个方面都应引起重视的问题。我个人实际上是在中学时期立志成为专业数学工作者的，这也成为了我为之奋斗的航标。

### (二) 建筑工人时期

1980 年 12 月底参加工作，到中国建筑二局一公司当了一名架子工，参加当时全国最大的火力发电厂陡河电厂建设。因为上班很累，为赶工期又经常加班，晚上学习数学经常很晚，周六晚上则背着书回到唐山丰润区父母家继续学习。有一次在脚手架上差点睡着了，一位工人老师傅赶紧把我叫醒，因为那样实在太危险了。这以后，搭高一点的脚手架时，工人师傅一般不让我在上面搭架子，仅让我在地面递送脚手架材料给他们。

当时因读辽宁大学吴振奎老师（现为天津商业大学教授）编著的《初等数学证明技巧》、《初等数学计算技巧》一书并对其中部分内容提出自己见解，得到他的赞许。他也成了我在工人时期能够坚持学习数学的精神支柱。后面那本书出版半年后，辽宁人民出版社让他找人写一份书评，应他的要求，我按照自己的理解对该书的特点、方法等对这本书进行了综合评述。

这时虽然每天的工作很辛苦，但仍能在业余坚持学习，温习中学时期的代数、几何等内容，并继续学习大学里的一些数学课本。当时我大哥正在重庆大学学习，他送给了我一套前苏联菲赫金哥尔茨的《数学分析教程》；单位上有些同事到北京出差，也托他们给我买回了不少数学专业的教科书，如克莱鲍尔的《数学分析》、江泽坚的《实变函数论》和钟玉泉的《复变函数引论》等，为我学习一些数学基础课提供了方便。

工作了一年以后，个人也在反思是否就这样工作一生，因为在企业更多的是靠人脉关系，而数学学习则是我的个人兴趣，并不会得到企业的重视，于是决定再参加一次高考。考试成绩超过了本科录取线 10 多分，但仍没能为高校录取。告诉吴振奎老师后，他来信鼓励，说我肯定会被一所高校录取。虽然仍未能进入高校学习，个人却坚定了走出低谷，到北京求学的信心。

### (三) 委培生时期

由于“文革十年浩劫”的影响，造成企业技术人员奇缺，中国建筑二局下属公司纷

纷与高校、中等专业学校联系委托培养技术人员，我选择了一所北京建筑学校，于 1983 年 6 月参加了中国建筑二局一公司委托培养人员资格考试，获得了第 1 名的考试成绩。其目的仍是利用北京这一中国文化中心的优势，完成数学的学习。

由于考取了单位的委培生，1983 年 9 月至 1987 年 7 月我在北京城建学校工业与民用建筑专业建 83-1 班学习。这段时期是我进入数学研究的初级阶段。因在学校数学成绩突出，1985 年应邀在《中专数学研究》上发表

(1) 傅氏级数、拉氏变换及 RMI 原则，中专数学研究，29-32,1 (1985)

(2) 学习数学的点滴体会，中专数学研究，22-23,2 (1985)

两篇文章。

从 1983 年 10 月起，经过吴振奎老师介绍，我在北京工业大学杨燕昌老师指导下系统学习大学数学专业的课程。这个时期先后学习了《数学分析》、《高等代数》、《近世代数》、《组合数学》、《图论》等课程，特别是图论，由他引导，我们一起学习由青海师范大学施容华老师（现南京理工大学教授）翻译的《极值图论》（匈牙利数学家 Bollobas 著），一起学完了前两章, 对我后来从事图论研究, 在技巧与方法上起到了奠基作用。在学习近世代数开始时杨燕昌老师为我先讲解了群论。他在桌子上摆放了三个不同的水杯，然后交换其中两个杯子位置，问："这个过程在数学上怎样描述呢？"，于是他在黑板上写下 (123) 与 (132) 两个置换并说："这就产生了群的概念。" 由此使我突然理解了数学的本质，即来源于世界并服务于世界，也明白了在数学方法上这种由具体到抽象的过程，对我后来在数学研究中善于提出问题并寻找方法解决问题起到了直接作用。

研究图类的结构性质，进而得到图的刻画是结构图论中的一个重要问题。有一天，杨燕昌老师拿来一篇发表在《新疆大学学报》上的论文 "关于自中心图中的几个定理" 让我认真读一下，并对我说 "书读到一定程度就差不多了，应该接触一些论文，从事一线数学的研究了"。

在杨燕昌老师的指导下，经过反复画图试证，我觉得可以将其中 $R(G)=2$ 推广到 $R(G)=r$ 的情形，即将 $c^2(G)=4,\ 5$ 推广到一般情形 $c^r(G)=2r,\ 2r+1$。但经过反复试证，均没有得到预期结果。这样一直延续了四个多月。直到有一天，我突然意识到猜测 $c^r(G)=2r,\ 2r+1$ 对一般自中心图可能并不正确，就试着在半径为 3 的图类中寻找反例，结果不几天就画出了一个 $R(G)=3$，而且其中存在点 $x$ 使得 $c^3(x)=8$ 的自中心图，从而否定了原来的猜想。在这一阶段还证明了 $c^3(G)=6,\ 7$ 的结论，随后以我和杨燕昌老师的名义，陆续写出了三篇论文投到一些学报，但均被退了回来。这当中有一篇论文的审稿人是施容华老师，他也知道了国内有我这样

一个搞图论研究的青年，并来信勉励。他告诉我匈牙利著名数学家 Erdos 有个无三角形猜想，希望我能研究一下。经过几个月的研究，我得到了一个一般性结果，虽然没能彻底解决这个猜想，但考虑的问题已经比原猜想要广了。正好 1987 年“全国第五届图论学术交流会”在甘肃兰州召开，我想去参加这次会议，就把论文寄给了施容华老师。他推荐我参加了这次会议，并在会上对该结果进行了报告。

1987 年 11 月，由中国科学院计算中心屠规彰研究员介绍，我认识了国内著名拓扑图论家、后来成为我的博士导师的中国科学院应用数学所的刘彦佩教授。他建议我将这篇论文拿出去发表。正好这时《东北数学》有一篇关于组合恒等式的文章让屠规彰研究员审阅，他将论文转给了我进行审查。我审完后签上大名，编辑同志也因而知道了我这样一个人。这篇论文在《东北数学》上于 1990 年正式发表。

当时北京城建学校的老师都知道我喜欢数学，特别是中专前两年的课实际上在重复高中课，老师一般也不管我，使得我有充分的时间去北京图书馆查阅一些文献资料，去北京工业大学与杨燕昌老师一起讨论数学问题、参加国内学者举办的一些数学讨论班学习，比如 1986-1987 年，就先后参加了屠规彰研究员（现在美国）主持的“Kac-Moody 代数讨论班”、北京工业大学唐云教授（现清华大学教授）主持的“分叉理论及其应用讨论班”等。这些对于我今天能够站在一个比较广泛的角度看待组合问题起到了不小作用。

## (四) 建筑技术管理

1987 年 8 月，我回到了中国建筑二局一公司，分在了该公司第三工程处生产技术股任技术员。日常业务主要是编写施工组织设计、施工方案和解决工程施工过程中出现的技术难题。

我在 1989 年 -1991 年 8 月参加北京财贸学院一期工程建设管理；1991 年 10 月 -1993 年 12 月升为技术队长，参加北京光彩体育馆等工程建设；1994 年 1 月 -12 月任中国建筑二局一公司三分公司生产技术科科长，1994 年 3 月被破格晋升为工程师；1995 年 1 月 -1998 年 9 月任北京电力生产调度指挥中心项目总工程师，该工程竣工后被评为国家“鲁班奖”工程；1998 年 10 月 -12 月任中华民族园项目总工程师。

这一个时期数学研究曾一度中断过。曾一度以攻克施工技术难题为己任，比如对国内倒锥壳水塔水柜顶升施工技术的研究、对大型蓄水池结构抗渗技术的研究等。先后在工程施工管理中解决过不少重大的技术难题，并开始在国内施工领域发表建筑技术论文。先后在施工技术、施工质量和安全管理方面发表了十多篇论文，并应邀参加了《建筑工程施工组织设计实例应用手册》和《建筑工程施工实例手册》

第 2、7 册的编写。虽然如此，学习数学、拿到数学类本科文凭的想法并未放弃。

1990 年底意外得知北京市有应用数学专业本科的自学考试，重新燃起了我获得数学专业本科文凭的想法。于是，我从 1991 年 4 月开始参加北京市高等教育自学考试，仅 1991 年一年就一次性考过了哲学、语文、英语、数学分析、解析几何、概率论与数理统计、复变函数论、常微分方程等 13 门课程，其中第一学期考得特别好。记得报考的五门课中由两门课考了 99 分，一门课考了 98 分，就连北京大学的一些出题老师都感到惊奇，认为考出这样的成绩对自学的人来说太神奇了。这样，到 1993 年上半年考试结束，我就顺利拿到了应用数学专业专科文凭，而此时距完成所有课程仅剩下三门课。

这一时期也在参加国内的一些学术会议。1988 年在天津南开大学参加“首届中国组合最优化国际讨论会”；1989 年在山东青岛参加“全国第六届图论学术交流会”等。




1989 年参加“全国第六届图论学术交流会”（山东青岛）
与常安教授（现福州大学）合影

1993 年中期，杨燕昌老师来信，让我与他一起于 1994 年 8 月去太原参加“全国第八届图论学术交流会”，这样我又将搁置了近四年的数学研究重新拾起来。我这时的兴趣已经转到了 hamiltonian 图的研究上。经过对 1991 年发表在国际图论杂志上 Gould 教授一篇综述文章及相关论文的研读，我陆续完成了一批关于 hamiltonian 图的论文，分别在《太原机械学院学报》、《数学研究与评论》等杂志上发表。

参加 1994 年“全国第八届图论学术交流会”的同时，我认识了杨燕昌老师的大学同学，北京大学的徐明耀教授, 他是国内代数图论的带头人。他的一个观点至今仍然影响着我，就是“必须多读书，多读专著，这样才能搞出大成果”. 我于 1995 年上半年完成了北京市高等教育自学考试委员会规定的所有课程考试，于 6 月底完

成了毕业答辩，拿到了北京大学颁发的应用数学专业本科文凭和理学学士学位，而其中毕业答辩组组长就是北京大学的徐明耀教授。




1994 年参加“全国第八届图论学术交流会”（山西太原），在阎锡山故居留影

这个时期先后在《东北数学》、《数学研究与评论》、《纯粹数学与应用数学》等学术期刊上发表了 5 篇数学论文。

1994-1998 年我在北京电力生产调度指挥中心工程担任总承包总工程师。博士阶段发表的关于 hamiltonian 图的一些论文实际上是在这一时期完成的。“是一边听着震捣棒的响声，一边写作完成的”。当时曾有不少关联单位找到我，希望我去他们那里工作，考虑到家庭原因均没去。一次偶然的机会，1995 年底在北京大学见到博士生招考目录，发现代数组合论方向的考试科目我均学过，有的还发表过论文。于是个人产生一种奇想：直接以同等学历的身份去攻读博士学位。

这样从 1996 年起，我的学习以通过博士生入学考试为目标。1996 年，中国建筑二局《建筑报》的特约记者采访我本人，并写下了“迷恋数学的工程师”一文进行报道（见附件）。最终于 1998 年考取了北方交通大学理学院刘彦佩教授的博士生。

## (五) 攻读博士学位

1999 年 4 月，我进入了北方交通大学学习，开始了我的博士生生涯。除第一年公共课多，需要参加大课学习外，整个博士学习并不感觉紧张。这时我的工作关系还在中国建筑二局一公司，但他们不支持我的学习，要求我签下了学习期间无任何生活津贴的协议书才同意我去攻读博士学位。这样除学习外，我还需要去打工挣钱以满足家庭开支。1999 年 1 月 -2000 年 6 月，我担任中国法学会基建办公室总工程师；2000 年 7 月 -2002 年担任国信招标有限责任公司项目经理。生活平添不少乐趣，也建立了个人能够同时开展两种思维方式，从事两种工作的生活习惯。

顺利进行博士论文答辩有两个条件，一个是完成培养方案规定的课程学习并获

得较好成绩，还有一个条件就是要在学术期刊上发表一定数量的论文。好在我攻读博士学位之前还有许多研究工作没有发表，于是将在中国建筑二局一公司工作最后几年完成的一些图论研究工作，纷纷整理出来寄到国内一些学术期刊上发表，先满足数量要求。同时，也在北方交通大学刘彦佩教授指导下，开始了拓扑图论及组合地图的学习与研究。因来交大之前我受北京大学徐明耀教授工作的影响比较偏重代数，在进入博士阶段学习的第二年就采用群论方法做出了一个关于组合地图计数的好结果，得到了导师的赞许。这个结果后来在《数学物理学报》上发表。在完成这篇文章的同时，发现可以对平面树的自同构群产生一个有趣的附带结果，这就是后来发表在《数学进展》上的那篇文章。

如何采用数学工具去解决实际工作问题，是从事应用数学的人首要须进行训练的。2001 年，我们几个同学同时选择了交通学院高自友老师的“运筹学在交通运输规划中的应用”的课程，经常是晚上去上课，又赶在冬季下雪，每次都有缺课的同学，但好处是不用考试，直接写一篇课程论文。听完课后，我采用图论的方法，结合他的课程写了一篇关于公共交通可靠性的论文交了上去，当时也没觉得怎样，就是完成一门课程而已。到期末时，我的几个同学惊奇的告诉我得了 90 分，说一般同学得到 80 分就很不错了，他仅给他自己两个专门学交通规划的博士生 90 分成绩，而我则是学数学的。在几位同学的鼓励下，我觉得这篇论文可以拿到国内一级交通学报上发表，这样就寄给了《中国公路学报》，结果在第二年就发表出来了。要知道，就是专门学交通的学生在上面发表文章也是比较困难的。我个人并不看好这篇文章，因为它算不上一篇数学文章。但最近检索发现这是我发表的文章中引用率最高的一篇文章，许多学者后来沿着类似的思路又完成了不少进一步的研究工作。学术研究就是这样，引用率高不一定代表它的学术价值高，更多的，是表明看过的、看懂的人多，再就是可以继续完成一些学术论文在期刊上发表。而我则在刘彦佩教授的劝导下，再也没有涉足这个实际问题。

由于在读博士前已经有了十多年的知识积累和研究训练，整个博士论文“*A census of maps on surfaces with given underlying graphs*”(论曲面上给定基础图的地图)是按照我自己的思维方式写出来的，主要采用群作用理论对曲面上组合地图进行分类、计数研究，这在国际上也是处在前沿的。论文完成后交给国内 10 位教授评审，结论均为优秀。

这当中有一个有趣的插曲，担任博士论文答辩委员会主席的是国内著名数学家、中国科学院的越民义教授。在答辩前 20 天，他告诉刘彦佩教授说审核不了我的论文、看不懂，让刘彦佩老师重新找人审查，这样原定的答辩就无法如期进行了。我找到了越民义教授，将我在博士论文中采用的方法、技巧与创新、得到的主要结

论及国际上在这方面的进展等等向他进行了详细的介绍。老先生听后，沉思了一会，认为我的思路和方法较之刘彦佩教授以前指导的几个学生有很好的创新，结论有一定理论价值，于是欣然写下了对论文的评语，并就组合优化领域对我提出一些研究建议。



博士论文答辩留影
左起李赵祥、毛林繁、何卫力、郝荣霞、魏二玲

## (六) 博士后研究

我自己觉得博士论文中还有许多问题及想法需要进一步实现，也需要一定的环境及时间去实现，这样在博士毕业后开始联系单位做博士后。



2002 年参加“世界数学家大会组合卫星会议”（石家庄）
左起王广选、魏二玲、任韩、何卫力、万良霞、毛林繁

2002 年 11 月，在北京大学徐明耀教授主持的讨论班上，我作了 “*A dynamic talk on maps and graphs on surfaces–my group action idea*”（关于地图与图在曲面上的嵌入的一个报告 - 我的群作用观点）的综合性研究报告，以期得到国内同行的广泛共识。

2002 年底，中国科学院数学与系统科学研究院接受了我的博士后申请，并确定于第二年初开始博士后研究工作。由于北京 2003 年初 “非典” 影响，我直到 2003 年 6 月才进入中国科学院数学与系统科学研究院开始研究工作。合作导师田丰研究员，是国内图论研究工作的奠基人之一。他个人主要从事结构图论的研究，我在读博士前的许多关于 hamiltonian 图的研究工作均受他的影响。

第一次见面，田丰老师就对我说：“你们刘老师作的那些研究工作，我不懂，你自己干吧”。这使得我有充足的时间将博士阶段没有研究完的工作研究完，同时依据个人想法开展新的研究领域。这也使得我可以跳开导师的思路，从而做出一些新的研究工作。事实证明这条路是对的。应他的要求，我在中国科学院数学与系统科学研究院作了首次报告：“*Active problems in maps and graphs on surfaces*” (地图与图在曲面上的嵌入中一些活跃的问题)。



**上图说明**：2004 年 8 月参加 “全国第一届图论与组合数学学术交流会议”（新疆乌鲁木齐）与李晓东合影（参加全国第五届图论学术交流会时我们住在一间屋内，当时我还是一个工人），这次见面他说我的变化最大，已经在科学院从事研究工作了。

博士毕业以后，我一直在思考这样两个问题，就是刘彦佩老师在国内主持了几

十年的拓扑图论有什么用？它对数学有哪些贡献？这两个问题也是国内许多同行经常问我的问题，因为刘彦佩老师的许多科研工作用代数拓扑的方法处理图论问题，许多人看不懂。于是，把刘彦佩老师的方法用到其它数学领域，让更多的人了解这种方法，从而推广到其他领域做出一些大的科研成果就成了我在博士后阶段工作的重点，这也是我自己面临的一次新的挑战。

为此，我在中科院期间着重学习组合、图论领域以外的一些专著，如大范围微分几何、黎曼曲面、黎曼几何、代数曲线、克莱因曲面等等，并开展了相关研究。这时主要想法，是采用组合方法研究经典数学问题，以期能够产生大的影响。第一篇论文“Riemann 曲面上 Hurwitz 定理的组合推广”就是这一思想的具体体现。这篇论文完成后，正好召开“第二届中国科学院博士后前沿与交叉学科学术论坛”，就交给了组委会出版。

按照给自己博士后确定的研究方向，我在 2005 年 4 月完成的博士后报告“*On Automorphisms of Maps & Surfaces*”已经不是纯组合或图论方向的论文了，它实际上已经参杂了我的许多新论点，而这些论点恰恰支持着我的一种观点，就是在组合数学家看来，任何一门数学学科均可以进行组合化或进行组合重建，并进行推广。这种观点在我的博士后报告中仅开了个头，有大量的工作需要去做。博士后报告的最后一章就是在我的知识范围内，例举微分几何、黎曼几何中许多采用组合方法需要去进一步研究的数学问题。

2005 年 6 月我参加了“2005 图论与组合数学暨第三届海峡两岸国际学术交流会”，并作了“*An introduction on Smarandache geometries on maps*”的报告。这篇报告与我在中国科学院作的博士后报告“*On Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*”后来成为了国际互联网百科全书上解释 Smarandache 几何六篇引用文献中的两篇参考文献。

博士后报告完成后，我觉得应该拿出去出版，把我对组合数学的这种观点向世人公布。正好在 2005 年初，美国有一家出版社向我约书稿, 我就把博士后报告发给了他们。他们很欣赏我的观点，建议我在报告中增加有关 Smarandache 几何的内容。经过增加及修改，该书于 2005 年 6 月在美国 American Research Press 出版社正式出版。

## (七) 新数学的展望

博士后研究结束后，由于我已经 42 岁了，北京没有一所大学或科研机构愿意接纳我从事研究或教学。于是应我的要求，国家人事部将我直接分配回了此前我工作的国信招标有限责任公司，并征得中国科学院数学与系统科学研究院的同意，我仍然

作为他们那里的研究人员从事研究工作。之所以选择这条路，一是我不想将我在工程建设领域多年积累的经验与知识放弃（每年我在全国各地应国家部委或省市主管部门均有一些关于工程管理的讲座，听众大多为政府官员）；二是目前国内的科研体制问题，特别是科技产业化思想的影响，使得基础科学研究急功近利，不去做也不可能做出一些大成果。国内目前的科研体制直接造成了科研工作者以追求论文数量、论文的检索级别，不愿意做也不可能去进行一些开创性的大的研究工作。按照科学研究的规律，开创性的研究一般需要 5-10 年的时间才能发表出论文，在国内，这样的科研人员早就被炒鱿鱼了。在这种急功近利思想影响下，在企业与在科研机构从事数学研究实际上是一样的。我个人的解释是"用在企业挣的钱去发展我的数学研究，走一条数学研究的新路"，这种观点，得到了中国科学院数学与系统科学研究院的支持。

需要特别指出的是，美国几位朋友让我在博士后报告中增加的内容，是国际数学研究上一个新的突破点，由此可以使得数学知识创新犹如宇宙大爆炸时代一样飞速发展。而我在博士后阶段的一些观点正好与他们的想法不谋而和。目前这方面已经有的工作并不多，我已经走到了前沿。我那本书送给了国内许多同行，均获得好评。美国 Perez 博士评价说"*Your book is very good. High research you have done.*"；华东师范大学一位教授评价说书"范围很广，很大度"。

但更多的是需要让国内外同行了解我的思想和这个欣欣的方向。于是在 2005 年，我在北京的几所大学、中国科学院数学与系统科学研究院以及国内的一些学术会议上，对我的这种数学组合化观点及一些研究工作进行了报告，获得了一致好评。Scientia Magna 杂志一次就将我在 2005 年做得两次报告、两篇论文进行全文收录发表。

结合我的组合观点及 Smarandache 几何思想，我发现可以对传统数学进行大范围的推广与组合，从而引发了许多新的数学问题，形成数学组合体系。这样在与美国朋友通信后，应邀开始新的研究工作及写作，标题是"*Smarandache Multi-spaces Theory*"（Smarandache 重叠空间理论），对传统代数、几何理论及物理时空观，采用我的组合观进行新的研究与重建。

我个人的宇宙观是大千世界有许多个宇宙，有的相互分离，有的则相互交叉。由于地球人类的人体构造原因，地球人类要想认识清整个宇宙是一件很困难的事，因为地球人类看不到的太多太多了。我们这个宇宙的维数是 3，与其它宇宙空间有部分交叉，交叉的其它空间维数可能是 3，也可能大于 3。这样，在这些宇宙中的部分物质占据我们这个宇宙的质量，但我们看不到它们，因为它们不处在我们看得到的 3 个维以外的方向上，这就是暗物质。关于暗物质，我的观点是地球上的人类不可

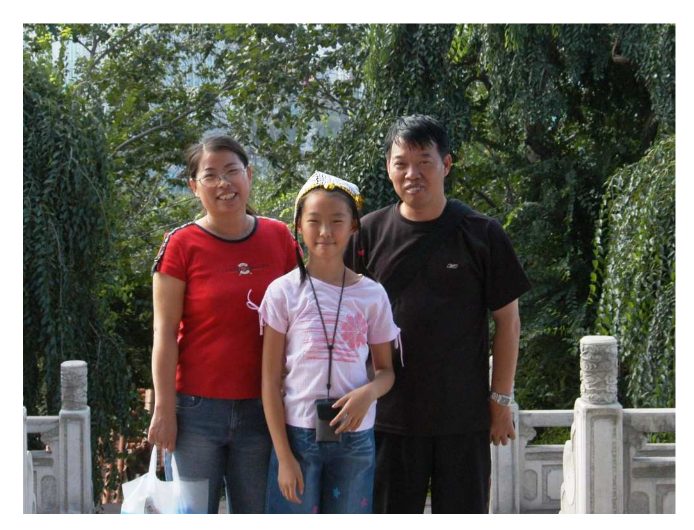
能找得到，因为它们不处在我们观测得到的方向维上。处在高维空间中的智能生物应该比地球上人的智商要高，因为它们处的空间维数比地球人的高。在这点上，我不同意目前流行的那种认为地球人类可以通过地球实验方法找到暗物质的观点。

从理论上讲，Smarandache 几何包含 Riemannian 几何，从而包含爱因斯坦广义相对论，但如何实现则一直没有途径。而我发现采用我的组合论观点，则可以对其、包括量子力学许多内容进行重建与推广。这本书已于 2006 年 3 月在美国出版。美国朋友在网站上公布了这本书，可以免费全文下载。

2006 年 8 月, 我参加了第二届全国组合数学与图论大会, 在这次会上, 我对我的数学组合化猜想及得到的代数、几何以及组合方面的一些结果进行了报告, 得到了与会者的一致好评, 给与会者一个重要的启示, 那就是在中国需要走一条数学组合化的发展道路. 而这也许正是使中国成为数学强国的一条必经之路.

## (八) 家庭成员

任何一个成功的科研工作者都离不开家人的支持与关心，我也不例外。我于 1990 年在北京结婚，妻子与我同在一个建筑公司，女儿 1993 年初出生。在二十多年从事数学学习与研究的过程中，得到了来自各个方面的关心和影响。父亲仅上过两年小学。因家庭贫困很小就开始学徒，23 岁就考起了六级木工，上世纪六十年代由单位推荐进入重庆建筑工程学院函授班学习，三年后因“十年浩劫”学习被迫中断，直到 1979 年学校才向他们这届函授生补发了专科文凭。父亲这种在我记事起刻苦自学的行为对我产生了深深的影响，而家庭成员对我这种执着的理解和宽待，更是对我走上数学研究道路起到了不可磨灭的作用。



2004 年 8 月与妻子和女儿在新疆乌鲁木齐留影

以上是我从一位普通建筑工人经过多年的艰辛努力最终走上数学研究的不平凡之路。过程虽然曲折与坎坷，但更多地则是人生价值的体现。在这一个过程中，许多老师，包括中学阶段的老师和朋友，对我走上这条人生道路起到了不可磨灭的促进作用。我想，这应该也是整个教育的规律。

**附件：《建筑报》刊出的一篇报道：**

## 迷恋数学的工程师

一公司北京电力生产调度中心项目总工程师毛林繁本职是建筑，干得不错，他也很迷恋数学，15 年来，建筑与数学成为他生命中的重要部分，陪他踏实走过。

1981 年，高中毕业的毛林繁到一公司三处八队做了一名架工，两年后被保送到北京市城建学校工民建专业学习，这为从小就喜欢数学的他提供了广阔的空间。在校期间，他相继参加了中科院计算中心主办的"Kac-Mody 代数讨论班"及北京工业大学主办的"分歧理论及其应用讨论班"学习，并开始向相关的学术交流会提交论文。

从城建学校毕业后，毛林繁当了综合技术员，七八年间，他先后在北京电力医院、北京四川大厦、北京财贸学院等工程做综合技术管理工作。忙绿的工作之余，他仍醉心于数学。他相继参加了"首届中国组合最优化国际讨论会"、"全国第六届图论及其应用学术交流会"、"第三届中美国际图论学术交流会"等学术交流会并向大会提交中英文论文，还在《东北数学》、《纯数学与应用数学》、《太原机械学院学报》等刊物上发表过中英文数学论文。

从 1991 年起，毛林繁开始参加北京市高等教育自学考试，专攻应用数学。去年以优异的成绩获得了北京大学理学学士学位。今年初，他报考了中科院系统的硕士研究生，不久又参加了北京大学博士生入学考试。"我已经 34 岁了，再按部就班地读硕士，太浪费时间，所以同时报考博士。"毛林繁如是说，而对旁人的赞叹，毛工很平静地说："学数学给了我一种享受。"

在钻研数学的同时，毛林繁的技术工作也干得颇见成效。1991 年，毛工花半年时间完成了二局科研课题"采用大吨位滑膜千斤顶从事水柜顶升"，并在北京市财贸学院 100 立方米倒锥壳水塔施工中得以成功应用（这项技术先后获得"二局科技进步二等奖"、"中建总公司 QC 成果三等奖"）。参建北京木樨园体校游泳跳水训练房时，毛工细致研究了确保游泳池结构抗渗的手段和综合施工技术，保证了该工程

50 米标准游泳池的结构自防水，为国家节约了大量的大型贮液结构防水投资。在北京市档案馆结构施工中，他率先采用了插口架施工技术，调任北京电力生产调度中心总工后，他创出了以木板制作大模定型板后浇混凝土，大大加快了施工速度。毛林繁有这样一种认识：企业要发展，职工必须有主人翁精神。

毛工获得过很多荣誉，1993 年，被破格晋升为工程师。毛工对自己的要求是做事力求做好，他成功了。

毛林繁有一本自己的《生平大事记》，他将起止年限定为 1962-2042，问及理由，他认真地说："一般情况下，研究数学可以研究到 80 岁后再休息，我也打算干到 80 岁。"

**《建筑报》**（1996 **年** 7 **月** 30 **日**）

# 我的组合复兴之路

毛林繁

(中国科学院数学与系统科学研究院，北京 100190)

**摘要**: 科研的首要工作是选题，什么课题值得做，什么课题不能去做常常困扰着研究人员。本文细致回顾了我由一个图论学者，从结构图论研究到拓扑图论，再到拓扑流形研究，进而由拓扑学研究到微分几何和理论物理的研究过程，说明在科研工作中如何提出课题，如何建立一套学科体系。这当中，不断否定自我、不断结合国际研究前沿工作提出自己的，有独到见解的研究课题，并及时与国外学者交流是关键，这实际上也是每个科研工作者最难把握的地方。为此，本文对此多少会有点启迪作用。

**关键词**: 数学组合化猜想、组合学、拓扑学、拓扑图论、Smarandache 思想、组合微分几何、理论物理、科研体制。

**Abstract**: How to select a research subject or a scientific work is the central objective in researching. Questions such as those of *what is valuable? what is unvalued?* often bewilder researchers. By recalling my researching process from graphical structure to topological graphs, then to topological manifolds, and then to differential geometry with theoretical physics by Smarandache's notion and combinatorial speculation of mine, this paper explains how to present an objective and how to establish a system in one's scientific research. In this process, continuously overlooking these obtained achievements, raising new scientific objectives keeping in step with the frontier in international research world and exchanging ideas with researchers are the key in research of myself, which maybe inspires younger researchers and students.

**Key Words**: CCM conjecture, combinatorics, topology, topological graphs, Smarandache's notion, combinatorial theory on multi-spaces, combinatorial differential geometry, theoretical physics, scientific structure.

---

[1]2010 年应《中国科技论文在线》优秀学者访谈所作。

[2]e-print: www.paper.edu.cn

**AMS(2000)**: 01A25,01A70

## 引子

科学研究的首要工作是选题。选题可以分成两个层次：一是学生时代的选题，以完成导师要求的目标，拿到学位为准；二是独立进行科学研究时的选题，应以紧跟国际前沿，完成开创性工作，以学科建设乃至提高人类认识自然能力为标准。这当中，决定研究什么并不重要，重要的，在于能够独立判断什么问题不值得研究。而且研究不能仅停留在自己熟悉的问题、学科或领域，而应多从其他相关领域吸取养分，紧跟国际研究趋势，进而形成自己独特的研究方式完成对科学和人类社会均有所促进的开创性工作。这是科学研究的正确观念。这里，我想就个人从事研究工作所走过的，即由组合学中的图论研究到拓扑图论和拓扑学研究，再由拓扑学研究到微分几何和理论物理研究，不断否定自我、不断提出新的研究课题与国外学者交流的研究历程谈一点体会，与大家共享。



全国第二届图论与组合数学学术交流会上作报告

实际上，这条研究之路体现于我在“全国第二届图论与组合数学学术交流会”(2006 年 8 月，南开大学) 上所作的“组合思想与数学组合化猜想”(Combinatorial speculations and the combinatorial conjecture for mathematics) 报告中提出的数学组合化猜想，即任何一门数学科学均可以进行组合化或进行组合重建。我个人更喜好把这个猜想看作一种科学研究的“组合思想”即：

(1) 对任何一门数学化的科学，可以选择有限条公理和组合规则采用组合方式进行重建。这类似于公理化思想，但比公理化要广。

(2) 采用组合方法可以对经典数学科学不同分支在一定组合结构基础上进行组合推广，从而建立新的数学科学体系。我个人称之为“数学组合”(Combinatorial Mathematics)。

报告作完后，几位中青年学者曾与我进行了充分讨论，同时在网上我也与国外

几位教授，包括现任国际数学联盟主席 Lovasz 教授进行了交流，更坚定了我的信心，并在个人已经出版的《地图、曲面与 Smarandache 几何的自同构群》(*Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*, 美国 American Research Press, 2005 年）和《Smarandache 重空间理论》(*Smarandache multi-Space Theory*, 美国 Hexis, Phoenix, AZ, 2006 年）基础上，于 2009 年在美国出版《组合微分几何及其在场论中的应用》(*Combinatorial Geometry with Applications to Field Theory*, 美国 InfoQuest, 2009) 专著，采用组合方法完成了组合 - 拓扑 - 微分几何 - 理论物理的理论框架建设工作。

## 一、我的组合学

我是较早从事组合学中图论研究的学者。1983 年，我来京在一所建筑学校求学，但个人的志向在于数学，于是在北京工业大学杨燕昌教授指导下学习组合数学，记得读的是青海师范学院油印的 Bollobas 著作《极值图论》（施容华翻译）并开展对一些期刊上发表的结果试着进行改进。1984 年 -1998 年这 15 年中，我一致在从事着图的结构性质研究工作。虽然这一时期也学习过拓扑学、微分流形、微分形式等课程，但没有做过深入研究，而在图论方面，则先后研究过图的离心率、自中心图、无三角形图、Hamiltonian 图和 Cayley 图等，并在国内期刊上发表过论文。这期间的一部分研究成果在国内期刊上的发表，一直延续到我攻读博士期间，也使我能够顺利完成博士阶段需要公开发表论文的数量，进入博士论文答辩。

这时所有研究是自愿的，也是业余的。这期间的研究工作也没有明确的方向，个人实际上也不清楚最终这些研究工作完成后对数学发展、科学发展有什么用，仅是把在学术期刊上发表论文看作一种社会承认，一种“荣誉”，而这种想法到了上世纪八十年代末实现起来则变得越来越困难。当时国内学术界普遍认为图论研究太容易出成果，于是数学界一些主要学术期刊对图论论文进行了大范围封杀。大量图论论文遭到退稿，甚至没有任何理由，仅是“不宜在本刊发表”一句话就打发了作者。最近一些老先生纷纷为国内图论水平低下、跟不上国际图论研究进程发感慨。我个人始终认为，上世纪八十年代末国内学术界对图论论文的封杀是罪魁祸首，它直接导致了大量学者不愿意再研究图论，因为论文发表太难了。虽然后来一些学术组织每两年在国内召开一次“全国图论与组合学术交流会”，为团结图论学者做出了一定贡献，但基本上都是一些老学者带着一帮弟子参加，其目的在与多认识一些朋友，为论文发表和寻找基金资助找一条出路。进入二十一世纪后，这种团结促进作用也日益微乎其微了。

那么图论要不要研究，要不要跟上国际学者的研究步伐？答案是肯定的。2007

年，我曾在一个组合学论坛里发过“关于振兴图论研究的思考”一个帖子，代表了我对这个问题的看法，这里转述如下：

实际上图论或组合数学的研究不存在重振问题，关键是怎样搞，搞什么。作为数学科学大家庭中的成员之一，选题很重要。我们许多学组合的人，往往选一些纯组合类问题去研究，搞来搞去只有很少几个跟进的组合弟子感兴趣。我们往往不敢问自己这样的问题：我研究的这个问题对数学科学有什么用处？对科学研究又有哪些贡献？为什么不敢问是需要深思的。知识的贫乏常造成我们也说不出来研究的课题有什么用！许多研究生告诉我“导师觉得这个结论是对的，让我证一下，然后合写一篇文章”— 这常常是国内组合研究的直接动因。要搞好国内的组合研究，导师必须有一种融入整个数学大家庭的心态，不要孤芳自赏，不要抱着一些经典的图论或组合问题不放，学“愚公移山”，该抛弃的问题一定要抛弃，不要因为还可以发表论文而组织学生一而再地进行研究。同时导师组织研究的课题应瞄准数学或科学的前沿进行，不要怕为人梯。学生则一定要广泛地学习其他数学或科学知识，这是组合学生最薄弱的地方，研究组合学一些初等问题常不需要太高深的数学基础，即易于造成人的懒惰心理而不注重整个数学科学的发展。应多看一看不同课题、不同数学或不同科学研究的问题与结果，从中发现组合的贡献，进而对数学研究做出贡献。切忌不要为追求短期效益、追求论文篇数与检索级别而重复进行一些简单的劳动，这对个人发展是没有好处的。

组合学实际上是一门大学问，是整个科学之母。这种观点在国际上也是到了本世纪才得到认同，而在国内，上世纪八十年代末那场封杀运动的余威仍在。中国实际上是组合学发源地，古老的《易经》实际上就是一门组合的学问。《易经》里给出了用不同组合模型代表不同的自然情形，进而认识自然的方法。但遗憾的是，用组合模型代表不同情形的做法在中国并没有得到很好的继承，而是跟在外国学者后面跑，步他们的后尘。我相信伴随着国际交流，将组合学看作整个科学之母的观点也会得到国内学者认同，我个人称之为“组合复兴之路”，也相信这种复兴对推动国内数学研究，乃至科学研究，进而成为数学大国、科学强国大有好处。

## 二、我的拓扑学

我的拓扑研究始于 1999 年师从刘彦佩教授学习拓扑图论。拓扑图论的核心是研究图在曲面上的性质，特别是图在其上的 2- 胞腔嵌入性质，与一般图论研究不同，拓扑图论需要研究者具备代数学、代数拓扑学，特别是曲面分类及其性质方面的知识，数学味很浓。因为需要较多的数学基础，国内研究拓扑图论的人大多来源于刘彦佩

等教授的弟子及其学生。

当时一起师从刘彦佩教授的有好几位弟子，主要研究两类问题，一类研究图在曲面上嵌入的性质及亏格计算；另一类研究不同构嵌入的计数问题，主要是计数给定一类曲面上标根地图的计数问题。我同时研究这两类问题，但兴趣点则想弄清楚*标根地图计数的本质是什么？与图嵌入的关系是什么？*采用代数分类的想法，我试着对一个图在曲面上的所有嵌入，用 Burnside 引理进行同构分类，意外发现实际上可以用一个简单公式计算一个图在曲面上生成的标根地图数，于是明白地图计数实际上是在计算图的自同构群阶的倒数和。通常采用群论方法一般无法得到一个紧凑公式，而组合方法则可以发现一些特殊地图类紧凑公式。这就是 2003-2004 年我发表在《*澳大利亚组合杂志*》、国内《*数学进展*》、《*数学物理学报*》和韩国《*应用数学与计算*》等期刊上文章结果的来源。

图的曲面嵌入则主要研究一些特殊性质的嵌入，如每个面均为圈的 2- 胞腔嵌入等存在性和亏格计算问题。校图书馆正好有一本 Gross 和 Tucker 著的英文的《*拓扑图论*》，借出来整书复印后进行认真研读。出发点本是想弄清楚图的曲面亏格计算方法，结果发现这当中的电压图有着很强的代数和组合背景。电压图实际上是拓扑学中覆盖空间的一个特殊情形，应该可以在更大范围内应用。这种想法经近年努力得到了证明，促使了我这两年在一些国际期刊上发表的采用电压图方法构造主微分丛理论有关文章。

完成博士论文《*论给定基础图的地图*》并拿到博士学位后，觉得松了一口气，这时也有时间来反思攻读博士学位三年作了些什么研究？所得研究成果有哪些价值？才发现所有工作成果微不足道！特别是进入中国科学院数学与系统科学研究院跟随田丰研究员从事博士后研究的两年，我一致试图回答这样一个问题，就是*拓扑图论到底有什么用？它在拓扑学，乃至整个数学中占据了何种角色？*这个问题直到我的博士后研究结束，特别是研读了一些国外拓扑图论大家的著作才弄明白。简单说来，拓扑图论实际上是想用组合的方法研究曲面性状，进行曲面元的组合刻画。这就造成了真正的拓扑学家不会去研究拓扑图论问题。在拓扑学家看来，曲面不过是紧致的 2- 维流形，其分类问题已经得到了很好的解决。所以 2- 维流形上的问题在拓扑学中往往不会被重视，有关工作也不会对拓扑学的发展有更大的促进作用。拓扑学家更关注的是 n- 维流形。而从应用角度讲，特别是人类认识自然界需要，迫切需要弄清楚一般维数的流形结构。

从博士到博士后，我一直在采用同构分类的方法计数不标根地图，即图在曲面上嵌入计数。许多工作在当时已达国际一流水平了，还可以写出不少优秀论文。但当想清楚拓扑图论在拓扑学中的地位后，我停止了拓扑图论的研究工作，虽然还关

注这方面的进展，也仍然参加国内图论与组合学术交流会。这也是我从 2005 年以后再没写过图论及拓扑图论方面文章的主要原因。

弄清楚了拓扑图论的最终目的，也直接促成了我提出数学组合化猜想，因为拓扑图论实际上就是曲面的组合化，成了我的数学组合化猜想一个有力佐证。这种想法，或者说是数学组合化猜想原型直接体现在了我的博士后报告《*论地图与 Klein 曲面的自同构*》，也就是 2005 年我在美国出版的《*地图、曲面与 Smarandache 几何的自同构群*》一书第五章前言中，即下面这段话：

*For applying combinatorics to other branch of mathematics, a good idea is pull-back measures on combinatorial objects again, ignored by the classical combinatorics and reconstructed or make combinatorial generalization for the classical mathematics, such as, the algebra, differential geometry, Riemann geometry, ⋯ and the mechanics, theoretical physics, ....* （想要将组合学应用于其它数学分支，一种最好的办法是在组合学研究时，恢复在经典组合学中所忽视的度量，对经典数学学科，如代数、微分几何、*Riemann* 几何⋯以及力学、理论物理⋯等进行重建或组合推广。）

这种思想也直接促成了我研究 n- 维流形，进而近年能够在国际期刊上发表一些关于组合流形及其基本群、同调群方面文章。

## 三、我的微分几何

2005 年与一位美国教授的网上机缘，使我下决心从组合转向 Riemannian 几何，并进而进行其组合推广的研究工作。

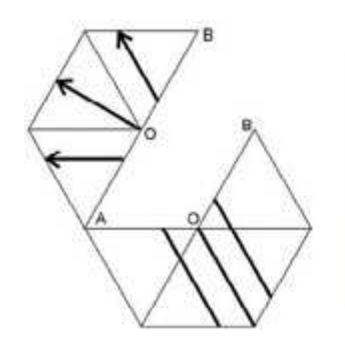
### （一）Smarandache 几何

我在中国科学院数学与系统科学研究院的博士后研究于 2005 年 5 月底结束，联系在京科研机构、大学找工作，没有一家单位愿意接收。没办法只能回到从事博士后前工作过的一家招标公司工作。不能将数学作为职业来做，个人觉得很灰心，也有一种让学术界抛弃了的感觉。这年初美国一家出版社给我来过一份电子邮件，称只要书中有 Smarandache 几何的内容，他们可以资助我在美国出版。

我很欣赏个人在博士后报告的那种数学组合的观点，认为虽然不能职业从事数学研究，但应该把自己对数学发展的见解让世人知晓，在数学领域留下点痕迹。于是这年三月我开始重新整理博士后报告，增加了部分内容发给了美国那家出版公司，并告之我在书中第五章采用组合观点讨论了 Riemannian 曲面。这家公司的编辑看过稿子后，提出 Smarandache 几何远比 Riemannian 几何广泛，建议我研究后增加

有关内容，并提供给我相关文献资料。当时的 Smarandache 几何研究相当初等，只要能构造出这种几何就可以刊发。由于多年研究组合、拓扑的原因，我习惯于采用组合思维方式研究他们的问题，发现他们提出的一个未解决问题采用平面地图很容回答。于是在书中增加了这部分研究结果后发给美国那家出版社。最终，这本书于 2005 年 5 月在美国正式出版。

这样，在博士后研究结束同时，我就在美国出版了一本学术专著，也创下了博士后研究结束在美国出版专著的先河。接触 Smarandache 几何，发现这方面存在大量的研究工作，相关论文、著作在美国出版较容易，点燃了我继续研究数学兴趣，并决定转向 Smarandache 几何研究。但我这时的工作关系已经回到了公司，为了不让外界认为我是非科班出身的学者，我与中国科学院数学与系统科学研究院有关领导商量，并将我在美国出版的那本专著送给他们。几位领导经过研究，一致同意我可以继续以中国科学院数学与系统科学研究院名义发表论文、出版专著和参加学术会议，对我的研究工作提供了极大支持。





2- 维 Smarandache 几何

Smarandache 几何是一种冲破传统观念的几何，即要求在这种几何空间中，一个命题可以同时成立与不成立，或是以两种以上方式不成立，这在经典几何中是不愿意接受的，总觉得这是一种包含矛盾的体系。经典几何比较喜好考虑那些具有均匀性质的几何空间，这与人们所期待的心灵感应相呼应，总觉得只有均匀的才是完美的，也才是理想的。但殊不知这种均匀的几何空间无论在自然界，还是在人类社会均不可能存在。自然界发展所依靠的动力，正是这种均匀与不均与之间的矛盾；而人类社会中超级大国与贫穷小国共存以及贫富差距的矛盾，则促使人类社会不断革命，促进了人类社会进步与发展。

我被这种怪异的几何吸引了，因为它更符合自然界和人类社会的实际情况，也是数学工作者需要采用定量方式弄清楚的。于是在接下来的时间里，我研究了 Smarandache 几何已有结果，特别是 Iseri 采用平面几何构造出的那些 Smarandache 几何，我觉得应在一般曲面上构造 Smarandache 几何，于是提出地图几何的概念并开展

了相关研究。这些研究推广了 Iseri 的构造方法，也为我后来研究组合微分几何打下了基础。

地图几何实际上一般性地构造出了 2- 维 Smarandache 流形，而对于一般性的构造出 n- 维 Smarandache 流形，国际上除定性描述外并没有任何数学结果。这时，一位美国教授问我能否回答 Smarandache 几何与 Finsler 几何、Weyl 几何的关系。他们从直觉上认为 Smarandache 几何应该包括后面两种几何，但一直给不出数学证明。借助于我在欧几里德空间建立 Smarandache 几何的工作，我引入了伪 n 维流形，并在其上建立了张量场和纤维丛，从而一般性地完成了 n- 维 Smarandache 流形构造工作并回答了上述包含关系，得到了几位美国教授的认同，并在其随后编写的一本书中引述了这个结果。

目前国际互联网百科全书上解释 Smarandache 几何一共引用了六篇参考文献，其中两篇是由我完成的。

## （二）重空间组合理论

研究这种怪异的 Smarandache 几何，我意识到实际上可以一般性地进行这种数学体系的建设，比如把两个以上的代数群、环、域或是度量空间放在一起，进而探讨其应有的结构及性质。在完成了几篇类似论文后，我把我的想法告知了美国朋友，他们告诉我这种想法实际上是一种特殊的 Smarandache 重空间。一个 Smarandache 重空间定义为 n 个两两不同空间的并，其中整数 n 大于等于 2。这样，Smarandache 几何不过是一种特殊的 Smarandache 重空间。

从理论上讲，人类受五官和自身条件的限制，只能部分地、或从不同角度认识自然，即得到一些片面结果，而且在人类认识角度看都是正确的，这正如著名的“盲人摸象”所蕴含的哲学道理。那么对自然的正确认识，如果不是片面的，那就应该是所有认识结果的总和，即所有自然行为特征的并集合，这也是国际上近年认为可以由此诞生理论物理的统一理论（Theory of Everything）的原因。

但一般性考虑不同空间的并集不过是一个集合问题，无法应用于自然的定量刻画。不同空间的并可以有许多种方式，而这种区分就需要借助于组合或是图论方法。所以我一直认为 Smarandache 重空间是一种泛组合理论，而且与我此前提出的数学组合化猜想的想法不谋而合。不过我认为，数学组合化猜想是一种可以实践并创立的理论，由此可以引导创立全新的数学组合理论而不仅仅停留在集合的并这个层面上。经过研究，并把我的观点进行系统总结，我于 2006 年 4 月在美国出版了第二本专著《Smarandache 重空间理论》，包括了我关于代数重空间、Smarandache 几何、地图几何、伪平面几何等方面的研究结果，其中大部份此前曾在美国一份学术期刊

上发表。在一些引文索引评价中，这部专著被评论者定性为代数几何方面的专著。

### （三）组合微分几何

理论物理，特别是引力场理论中应用的主要工具是 Riemannian 几何，所以想要将 Smarandache 几何或上面数学组合理念应用于理论物理研究，客观认识自然，仅完成一些定性研究工作是远远不够的，这也是我一直对美国几位教授组织的研究小组提出的忠肯意见。

从 2006 年 8 月我在“全国第二届组合数学与图论学术交流会”上提出数学组合化猜想之后，我一直在尝试建立组合 Riemannian 几何工作，在豪斯道夫空间基础上提出了组合流形概念并作为研究对象。直观上讲，它就是流形在给定组合结构下的空间组合，于是就有了拓扑组合流形和微分组合流形之分。前者研究组合流形的拓扑性质，如 d- 连通性，基本群、同调群、拓扑特征等内容，后者研究微分组合流形的微分性质，如向量场、张量场、外微分、联络、Riemannian 度量、结构方程等微分性质。研究结果表明，这种研究对象具有流形和图结构双重性质，许多结果需要同时采用流形和图的一些指标才能描述清楚，这也是我最愿意看到的，因为这才是组合的本来面目。

第一篇这个方向的论文“组合流形上的几何理论”(Geometrical theory on combinatorial manifold ) 长达 50 余页，于 2007 年初完成。我个人认为这篇论文奠定了组合微分几何的基础，于是投到了美国 Trans. Amer. Math. Soc. 上，编辑很客气，告诉我目前该期刊积压的微分几何稿件三年之内刊发不完，建议我改投其他刊物。我给几位美国朋友去信，问哪些学术刊物接受关于 Smarandache 流形的论文。他们告诉我印度有一本几何与拓扑的学术期刊接受这类论文，我于是将这篇文章投了过去。审稿人是刊物的主编，日本一位很有名的几何学家。他给出了肯定的评价，决定接受这篇论文。随后编辑部给我发来正式的接收函，但同时付了一份版面费通知单。我这才知道这本期刊是要收费的。考虑到这篇文章的开创性，经过与编辑讨价还价，最后按 50% 的费用支付了版面费。这篇文章 2007 年在这本期刊上刊出。有了这次教训，加之这种开创性的文章在一些创立时间较早的期刊上均不愿意刊登的原因：一是接受的文章类别相对固定；二是创立时间越早，其审稿人和作者群均相对固定；三是对亚洲、非洲等国学者论文歧视；...... 等，在我一位同学的建议下，我与美国朋友商量，询问能否帮助我在美国创立一本期刊，专门刊登数学组合与理论物理方面的论文和综述性文章。正好此前我在英国出版了一本论文集《数学组合论文选( I )》(Selected Papers on Mathematical Combinatorics) , 于是决定采用“国际数学组合杂志”(International Journal of Mathematical Combinatorics) 的英文

刊名。为表明这本期刊蕴含着中国文化，期刊封面采用河图与太极图进行组合，蕴含着采用组合思想研究数学、物理及宇宙万物的这种东方哲学思想。美国朋友很愿意帮忙，填表、在美国国会图书馆进行注册、申请统一的期刊号等事项均由他们完成。我这边则是组织编委会，并与中国科学院数学与系统科学院联系，希望能以中科院某个单位的名义编辑，同时期刊信息能够出现在其网站、网页上。中国科学院数学与系统科学院的有关领导很支持，同意以中国科学院管理、决策与信息系统重点实验室名义编辑，便将有关期刊介绍、编委名单和征稿启事等内容挂在了该实验室网站上。这本期刊于 2007 年十月在美国正式创刊，为后来发表国际上采用组合思想研究经典数学和理论物理的文章打开了论文发表的途径。

考虑到组合引力场方程建立和研究需要，我又陆续进行了组合流形上的联络、曲率张量、积分、结构方程、子组合流形及其在组合欧氏空间或欧氏空间中的嵌入，以及 Lie 群、主纤维丛理论的组合推广等研究，得到了一大批有价值的结果，这样就初步完成了组合微分几何理论体系的建设工作，并于 2009 年 9 月在美国出版了组合微分几何及其在场论中的应用那本专著。值得一提的是，这当中建立组合流形上主纤维丛理论所采用的正是拓扑图论中电压图方法，即一种群、图、覆盖空间与微分几何有机结合的组合方法。

## 四、我的理论物理

几何研究的目的是为物理研究提供时空模型。Smarandache 几何是本着为广义相对论和平行宇宙提供数学模型提出的。我对理论物理的研究始于 2006 年，算是一位后学之辈。在《Smarandache 重空间理论》最后一章，初步讨论了 Smarandache 几何与广义相对论的关系、M 理论，以及与宇宙学的关系等内容。因为当时还没有系统建立组合微分几何，无法从数学上对平行宇宙进行计算与讨论，所以书中仅是简单的定性研究，有关结果也没有拿到期刊上发表。

到了 2009 年，经过三年多的研究，组合微分几何理论框架已经搭建起来了，有关的曲率张量计算已经可以付诸实施。为此，我又重新开始思考 Einstein 的广义相对论和平行时空问题。实际上，组合（微分）流形为平行场提供了一种数学模型，即任何一个光滑组合流形可以看作一个平行场，只不过需要把其中的每个流形看作一个物理场。

众所周知，Einstein 广义相对论阐述的，实际上是一种自然规律不以人的意志为转移的哲学思想，用一句话说，就是描述物理规律的数学方程在所有参考系中的表现形式应一致。那么，组合时空中的 Einstein 引力方程应该怎样表述呢？与经典的 Einstein 引力方程类似，组合引力场方程应为曲率张量方程，只不过这时的曲率

为组合微分流形上的曲率。

组合时空，实际上蕴含着一种人类对自然认识存在局限性的哲学思想，这也是在中国古代一些哲学著作，如老子的《道德经》中所体现的。在这种认识下，人类对自然的测量结果实际上仅是真实结果的一部分，即一个片面结果，而真实结果远较人类认识到的要复杂的多，为此，我提出在组合时空中，除需要满足 Einstein 的广义相对性原理外，还需要满足射影原理，通俗的说，就是描述组合时空物理规律的数学方程在由整个空间投影到其中每个组成空间的变换下形式不变，这与人类对自然的认识和人类心灵感应是一致的。这样，推广后的组合引力场方程就蕴含了经典的 Einstein 引力场方程。反过来，利用已经得到的一些经典引力场 Einstein 方程的解，如 Schwarzschild 球对称解、Reissner-Nordstrom 解等，采用组合方法可用之去构造组合 Einstein 引力场方程的一些特殊解，对组合引力场的行为进行模拟。这种思想，首先出现在我的一篇关于组合流形上的曲率方程的论文，随后，美国一份物理学术期刊今年以"专题报告"（Special Report）专门刊出一篇我的"组合引力场的相对性原理"（Relativity in Combinatorial Gravitational Fields）的文章，详细阐述了这种组合引力场及与经典引力场的关系。实际上，这种组合场的思想还可以应用于对规范场进行组合，建立组合 Yang-Mills 方程，进而用于粒子物理研究。我 2009 年在美国出版的《组合微分几何及其在场论中的应用》那本专著中进行了一些初步探索，这方面还有一些基础问题需要解决，也有较大的研究发挥空间。

## 五、对现行科研体制思索

回顾个人二十多年所走过的研究道路，深感科学研究，特别是原创性科学研究，除必须有一种科学奋斗精神外，还离不开一种好的研究思路和学术思想。前不久，一些媒体曾报道我国已经成为发表论文的"超级大国"并引以为荣，殊不知这当中 99% 都不属于原创，对推动科学乃至人类社会没有丝毫作用。它们或是小改小革，研究结果等同于练习题；或是跟着国际期刊上某一篇文章，稍作一点改进就忙着发表；或是为评职称、为应付每年发表论文要求数量而拼凑、抄袭之作；......，凡此等等，为什么产生这种现象是值得深思的。这当中有科研体制，包括科研基金支助、科研工作评价方法等方面的问题，也有科研人员自身素质和职业操守问题。

首先是经费问题，绝大多数科研人员的工资除养家外几乎所剩无几。科研人员，特别是研究基础科学人员待遇低一直是个不争的事实。我的许多同学因为拿不到科研基金，不得不放弃研究、放弃参加国内外的学术交流，因为他们首先是人，首先要满足生活需求。2008 年，我在湖南师范大学给青年教师和研究生一次学术报告中，引用了一位活佛对人类群体的层次划分。他说，人类实际上分为三个层次，第一层

是整天忙于生计问题，即挣钱，养家糊口；第二层按一定思想引导人类实践，比如教师、牧师等；第三层则是创造思想，比如佛。在那次报告中，我告诉听众，研究数学科学实际上就是研究哲学，位于这位活佛分类中的第三层，属于已经解决了经济基础的上层建筑领域。如果还需要忙着打工挣钱，那么，你研究不了数学科学。毕竟世界发展到了二十一世纪，饿着肚子研究学问是不现实的，还不如去从事一些低层次的工作，先解决好生计问题再谈学术研究。所以，解决好大多数科研人员经费问题，使他们无后顾之忧是建立科技强国的首要工作。

而科研经费评审，资助谁不资助谁则成了基金管理者的心病。虽然每次基金评审找了许多有水平的专家进行评审，但殊不知学业有专攻，并非他们就一定知道课题申请人的课题会为学科发展带来突破。而仅是凭借课题申请人在申请报告中的阐述或是对申请人科研工作的了解判断其课题价值。这种做法，势必造成学术界的分帮分派，以及拉关系走后门事件发生。经常见到一些老掉牙的课题还不时有基金资助；而一些开创性的课题，特别是一些青年学者提出的一些开创性课题，因其人脉关系不到位，评审者又看不懂或无法预测其对科学发展的作用而得不到资助。

我一直没有申请过国内科研基金，主要原因是我的研究工作，特别是专著、论文的出版，一直得到美国一些机构资助。这样可以有更多的时间研究一些对数学或科学发展均有促进的课题而不用为每年考核需要的论文数量发愁。我个人始终觉得，从事科学研究的最主要前提是研究者对研究工作的热爱并愿意为之奋斗终身加之好的研究思想，而不单纯决定于在大学或科研机构从事职业研究，这也是判断一个人从事科学研究处在上面那位活佛分类中哪个层次的一个主要标准。

其次，国内对科研人员、大学教师的评价机制，一直制约着国内学术发展，那种急功近利的思想，不时激励研究者从事那些短平快的课题研究，不愿意也不可能去做一些有益于科学发展的大课题。这也是造成国内创新性成果少，与西方发达国家差距越来越大的一个主要原因。2007 年我曾在一个论坛中发了一个“关于 SCI 论文”的帖子，对国内科研评价体制进行了思索，其中一段话如下：

> 个人认为当下在国内及需要纠正的，是将一些不应该纳入科学评价体系的内容纠正回来，比如以 SCI 论文数量评价一个学校或一个学者，因为科学工作的评价至少在三年后才能看出来其价值，有的甚至是在数十年以后，如 Yang-Mills 场就是这方面的一个例子。让人们多去研究一些与人类认识自然、与人类适应自然相关的重大课题，这才是科学研究的首要任务，也是数学研究选题的方向。

我的这种观点在国外近几年也有不少呼声。2008 年底，美国工业数学会等三位会长曾联名发文，批评采用 SCI 指标评价科研工作，反对其与科研基金资助挂钩。

我的几位美国朋友也不时与我讨论类似问题。这种评价体系实际上采用了一种引用率高的论文学术水平一定高，其完成者学术水平高的假设，这是极不科学的，也是肤浅的，因为 SCI 指标计算主要依据的是论文引用率，丝毫不涉及论文的学术水平，引用率高不过表明后继者可以进一步做一些工作，表明读过这篇论文的人比较多而已。

所以，如果不解决科研人员、特别是从事基础科学研究的人员待遇问题，不改变采用 SCI 论文指标评价科研工作的方法，我们很难看到一些大的、有国际影响的开创性工作面世。美国《物理进展》学报主编 Rabounski 教授于 2006 年曾在该学报上分别采用英文和法文发表了一封"科学研究自由宣言：科学人的人权"（Declaration of academic freedom: scientific human rights）的致科学社会的公开信，受到了国际科学界的普遍关注。他指出：

> 科学研究的思想是开放的，无禁锢的；科学家在科学问题研究上是平等的、自由的，无权威还是普通人员等级区分；科学论文的发表是自由的，不能人为设置障碍，或仅因审稿人喜好而拒绝论文的发表，不能依论文的 SCI、EI 等检索对其进行等级评判；同时科学研究要遵守人类社会的道德观，不能从事那些反人类的、有悖于人类道德的研究，这是每一位科学工作者的权利与义务等。

人类社会进入到二十一世纪，环境、不可再生资源等问题日趋严重，与人类过去若干年对自然的不知晓，从事过多有悖于自然规律的活动有关。此时，科学研究迫切需要与自然和人类社会协调发展、共同进步，这是二十一世纪科学自身发展和其服务于人类社会功用应采取的必经之路，也是每个科研人员需要与之奋斗并贡献其才智的大问题。

谨以此文与国内学者们共勉！

《让我们插上翅膀飞翔》– 学习数学的点滴体会, 33-36

# 学习数学的点滴体会

毛林繁

(北京城市建设学校，建 83-1 班学生)

数学中的定义是用来解释一些重要的数学概念的，定理则是用来反映概念之间的相互关联（性质）的。这两部分知识构成了数学的基本内容。而解答习题的目的有在于培养我们运用所学的定义、定理分析问题、解决问题的能力，三者有机地统一于我们学习数学的过程中。所以，我们要学好数学，关键是掌握学习概念、定理、习题的正确学习方法。本文后就此问题，结合自己学习数学的体会，谈些粗浅认识，与同学们互相商讨。

## 一、概念的学习

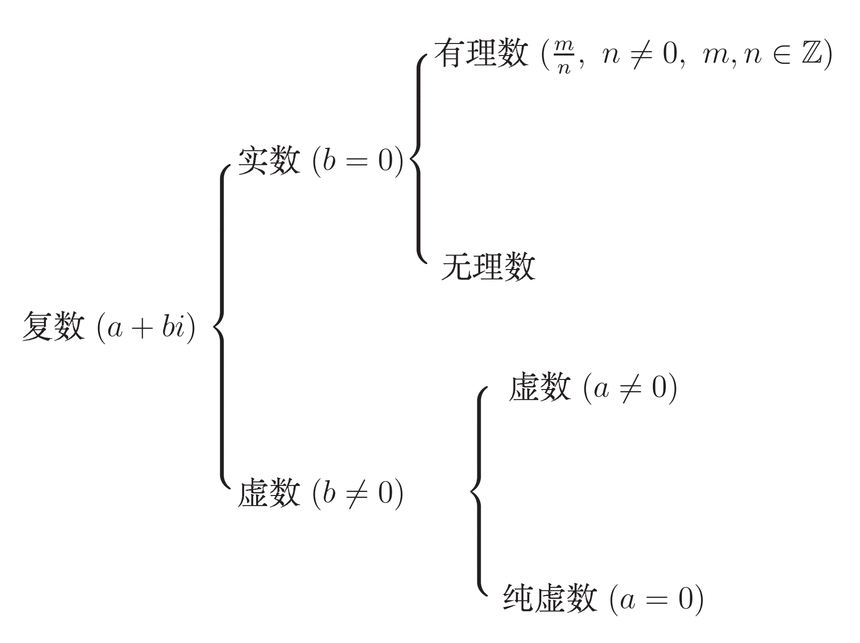
数学中的基本概念通常由定义来说明。学习一个定义，应先逐字逐句地分析一下该定义给出了怎样一个概念（若是可以画图的，还可以根据定义画出几个图来，以便于直观理解）。尤其要重视定义中的限定成份 – 条件，这时我们理解概念的关键所在，因为定义中的条件，往往是用来区别其它概念的基础。例如 "纯虚数" 是 "实部为 0 而虚部不为 0 的复数"，掌握这个定义，首先要抓住 "实部为 0 而虚部不为 0 的复数" 这个重要条件，因为任何一个复数都可以写成 $a+bi$ 的形式，在上述定义中，既排除了 $a\neq 0$ 的复数，如 $2+5i, 5-\frac{4}{3}i, \cdots$，又排除了 $a=b=0$ 的极端情形。通过以上分析，我们知道 "纯虚数" 实际上就是 "实部为 0 的虚数"，如 $5i, -\frac{3}{4}i, \cdots$ 等。

有些数学定义，初次接触不能完全理解，或者虽能理解，但对他的作用感到茫然，这在学习过程中是正常现象。一个概念，只有在用的时候才能真正体会到他的价值。而我们对一个概念的透彻理解，本身就是一个循序渐进的过程。事实上，只有当我们看到一个概念的具体作用时，对它的理解才会由文字表述上升为具体的数学形象。例如，初学微积分的同学往往觉得这门课难懂，主要原因就是对极限的概

[1]原文发表在《中专数学研究》，2 (1985)。

念以及由它而表现出来的一套思想方法理解不透。我自己的体会是，学习极限及其反映出的思想应随着微积分知识的积累而逐渐深入，特别是学完了定积分一章后，应认真体会一下定积分中的“分割 → 求和 → 取极限”的思想，它直接体现了微积分的基本思想。极限的作用这时也充分显示出来了。这时再来重温一下极限的定义，那么，对他的理解就不仅是单纯的字面理解了，而要深刻的多，既有形式，又有内容。

对有关概念加以比较、归纳，从而深入理解相关概念之间的联系，这是学习数学的极重要的方法。例如，学完复数一章，对各种书的概念进行比较，就有




这种比较与归纳有助于我们把概念的学习向深度和广度发展。对掌握系统的数学知识是很有好处的。

学习一个概念，我喜欢思考数学中为什么要提出这个概念，例如，与矩阵有关的一些概念和解线性方程组密切相关。加减消元法实质上仅改变未知数的系数与常数项，这使得解线性方程组的过程可在由未知数的系数和常数项组成的数表中进行，这就有了矩阵的概念。此外，要使得在矩阵中解未知数成为可能，就必须定义它的几种变换，使得解线性方程组中允许的几种变换在矩阵中都能反映出来，这就产生了矩阵的三种变换（话虽是这样简单，里面却蕴含着一种从具体到抽象的数学方法）。通过这样的思考，使我能更好地学习有些人感到“枯燥”的数学概念。

### 二、定理和习题的学习

定理是反映概念之间的相互联系的。学习一个定理，首先要弄懂定理的意思，对他

进行直观理解；进一步要弄清楚定理的作用 – 它解决了怎样的问题；最后才是学习它的证明。

掌握了定理的证明，还应该专门把证明思路提炼出来，进一步明确条件和结论的关系。例如，我自学微分中值定理中的罗尔定理：

“如果 i) 函数 $f(x)$ 在闭区间 $[a,b]$ 上连续；ii)$f(a)=f(b)$；iii)$f(x)$ 在开区间 $(a,b)$ 内可导，则在 $(a,b)$ 内至少存在一点 c，使得 $f'(c)=0$.”

通过提炼它的证明思路，知道了定理中条件的作用。条件 i) 保证了 $f(x)$ 在 $[a,b]$ 上可达极大和极小值；条件 ii) 则保证了 $f(x)$ 在 $(a,b)$ 上的一点 $c$ 达极值；条件 iii) 则保证了 $f'(c)$ 一定存在。这样，根据费尔玛定理，就有 $f'(c)=0$。这也再次是我体会到数学的严密性。

习题实际上也是定理，只不过它不象课本中定理那样重要。解题有两个目的：(一) 复习巩固所学的知识；(二) 训练我们灵活地分析问题、解决问题的能力。对中专生来说，这两个目的都不可忽视。

解题离不开联想。联想的对象主要指学过的公理、定义、定理和习题。对于公理、定义和定理，它们是解题的基础，一般同学都会给以注意，最易忽视的是以前解过的习题，它常常是作为一种练习而随解随忘，这对解题是极不利的。我在学习中越来越深刻地认识到，有意识地建立自己的题解“仓库”，对于解题是件极有益的事。建立自己的题解“仓库”，一方面是经常对自己的解题方法加以总结、提炼；另一方面，要多从书刊中发表的别人的一些好的解题方法中提取养分，用那些经典的、由独创特点的解题方法去进一步充实自己的“仓库”。我自己的解题实践表明，这样做的结果确能开创自己的解题思路。这主要表现在：

(一) 熟悉一些重要的习题的结论后，常可以缩短与这些结论有关的习题的解答的时间。例如，求

$$\int\sqrt{\frac{\ln(x+\sqrt{1+x^2})}{1+x^2}},$$

若知道

$$[\ln(x+\sqrt{1+x^2})]'=\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$$

的结论，求不定积分的问题就可迎刃而解：

$$\begin{aligned}\int\sqrt{\frac{\ln(x+\sqrt{1+x^2})}{1+x^2}} &= \int\sqrt{\ln(x+\sqrt{1+x^2})}d\ln(x+\sqrt{1+x^2})\\ &= \frac{2}{3}\ln^{\frac{3}{2}}(x+\sqrt{1+x^2})+C.\end{aligned}$$

（二）记住一些比较独特的习题的解法，在解类似问题中常可以借鉴。如要证明组合恒等式：

$$\sum_{k=1}^{n} kC_n^k = n2^{n-1},$$

若能回想其课本中对

$$\sum_{k=1}^{n} C_n^k = 2^n$$

的证明方法，就会想到应从

$$1+\sum_{k=1}^{n} C_n^k x^k = (1+x)^n$$

出发，两边先对 $x$ 求导，再令 $x=1$ 就知

$$\sum_{k=1}^{n} kC_n^k = n2^{n-1}.$$

总之，概念、定理和习题的学习是学习数学的三个密不可分的统一体。值得提醒同学们注意的是，我们学好数学绝不是一个单一的过程就可以完成的，必须有多次反复。多读、多想、多练，从而才能不断提高数学课的学习质量。

# A Foreword of《SCIENTIFIC ELEMENTS》

Linfan Mao

(Chinese Academy of Mathematics and System Science, Beijing, 100190, P.R.China)

Science's function is realizing the natural world and developing our society in coordination with its laws. For thousands years, mankind has never stopped his steps for exploring its behaviors of all kinds. Today, the advanced science and technology have enabled mankind to handle a few events in the society of mankind by the knowledge on natural world. But many questions in different fields on the natural world have no an answer, even some looks clear questions for the Universe, for example,

*what is true colors of the Universe, for instance its dimension?*

*what is the real face of an event appeared in the natural world, for instance the electromagnetism? how many dimensions has it?*

Different people standing on different views will differently answers these questions. For being short of knowledge, we can not even distinguish which is the right answer. Today, we have known two heartening mathematical theories for sciences. One of them is the Smarandache multi-space theory came into being by purely logic. Another is the mathematical combinatorics motivated by a combinatorial speculation, i.e., every mathematical science can be reconstructed from or made by combinatorialization.

Why are they important? We all know a famous proverb, i.e., the *six blind men and an elephant*. These blind men were asked to determine what an elephant looked like by feeling different parts of the elephant's body. The man touched the elephant's leg, tail, trunk, ear, belly or tusk claims it's like a pillar, a rope, a tree branch, a hand fan, a wall or a solid pipe, respectively. They entered into an endless argument. Each of them insisted his view right. All of you are right! A wise man explains to them: why are you telling it differently is because each one of you touched the

different part of the elephant. So, actually the elephant has all those features what you all said. That is to say an elephant is nothing but a union of those claims of six blind men, i.e., a *Smarandache multi-space with some combinatorial structures.* The situation for one realizing the behaviors of natural world is analogous to the blind men determining what an elephant looks like. L.F.Mao said Smarandache multi-spaces being a right theory for the natural world once in an open lecture.

For a quick glance at the applications of Smarandache's notion to mathematics, physics and other sciences, this book selects 12 papers for showing applied fields of Smarandache's notion, such as those of Smarandache multi-spaces, Smarandache geometries, Neutrosophy, ··· to mathematics, physics, logic, cosmology. Although each application is a quite elementary application, we already experience its great potential. Author(s) is assumed for responsibility on his (their) papers selected in this books and not meaning that the editors completely agree the view point in each paper. The Scientific Elements is a serial collections in publication, maybe with different title. All papers on applications of Smarandache's notion to scientific fields are welcome and can directly sent to the editors by an email.

# 傅氏级数、拉氏变换及 RMI 原则

毛林繁

(北京城市建设学校, 建 83-1 班学生)

傅里叶级数和拉普拉斯变换的研究中, 充分显示了一些重要的数学思想。将一个函数展成一函数项无穷级数, 通过研究级数的性质得到函数的性质, 这是无穷级数论中研究函数的基本思想。而傅里叶级数运用了这一思想。利用三角函数系：$1, \cos x, \sin x$, $\cos 2x, \sin 2x, \cdots, \cos nx, \sin nx, \cdots$ 的正交性将周期函数 $f(x)$（设周期为 $2\pi$, 不是 $2\pi$ 时, 可以引进代换化成这种情况）按公式：

$$a_0 = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)dx, \quad a_k = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\cos kxdx,$$

$$b_k = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\sin kxdx, \quad (k = 1, 2, 3, \cdots)$$

展成了无穷级数：

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty}(a_k \cos kx + b_k \sin kx).$$

对于非周期函数可以采用一种拓广函数定义的方法, 变成周期函数, 从而亦可以展成傅氏级数。所谓拓广函数的定义, 简言之就是：对定义与 $[a, b]$ 上的非周期函数 $F(x)$, 重新定义一个函数 $F*(x)$, 使得对任意 $x \in [a, b]$, 都有 $F*(x) = F(x)$, 而 $F*(x)$ 是定义域全数轴上的, 以 $(b-a)$ 为周期的函数。

**例 1**[3] 要在 $[-\pi, \pi]$ 上将 $f(x) = x^2$ 展开为傅氏级数, 我们可以先拓广 $f(x)$ 的定义：

$$f*(x) = \begin{cases} x^2, & x \in [-\pi, \pi], \\ (x-2k\pi)^2, & x \notin [-\pi, \pi], \end{cases}$$

这里, $k$ 是整数, 使得 $|x - 2k\pi| \leq \pi$, 则 $f*(x)$ 是以 $2\pi$ 为周期的周期函数, 其图像见下页图 1：

[1]原文发表在《中专数学研究》, 1 (1985)。

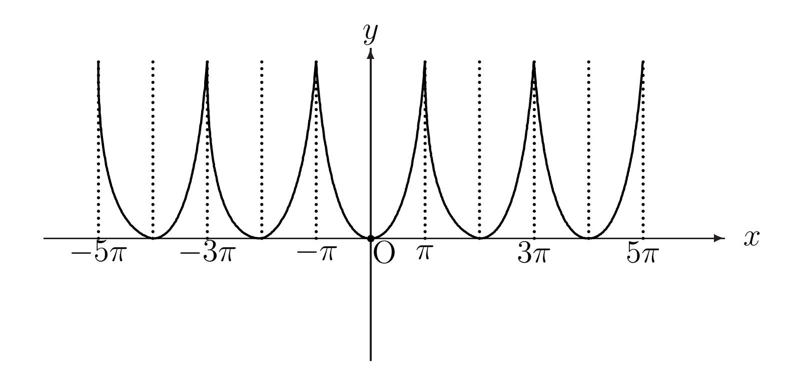



**图 1**

这样，我们可以将 $f*(x)$ 在全实轴上展成傅里叶级数：

$$a_0=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f*(x)dx=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}x^2dx=\frac{2}{3}\pi^2,$$

$$a_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f*(x)\cos nxdx=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}x^2\cos nxdx=4\times\frac{(-1)^n}{n^2},$$

$$b_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f*(x)\sin nxdx=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}x^2\sin nxdx=0.$$

故知

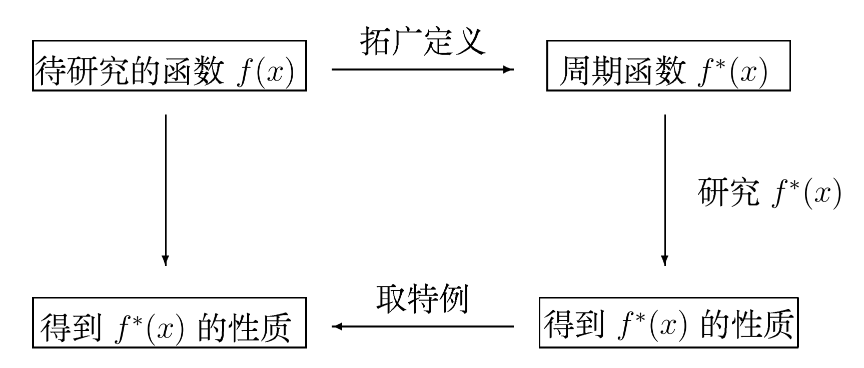
$$f*(x)=\frac{2}{3}\pi^2+4\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}\cos nx.$$

此级数收敛于 $f*(x)$ 特别地，在 $[-\pi,\pi]$ 上，就有

$$f(x)=f*(x)=\frac{2}{3}\pi^2+4\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}\cos nx.$$

这样，我们就得到了 $f(x)$ 的傅里叶展开式。

掺杂于傅里叶级数中的上述四项，用框图表示就是：



数学中把复杂的运算转化为另一领域内简单运算的做法，是符合科学研究规律的。而拉氏变换正是利用这一基本思想。这里，我们简单介绍以下拉氏变换在解常系数微分方程中的应用。

拉氏变换：

$$L[f(x)] = F(p) = \int_0^{+\infty} f(x)e^{-pt}dt.$$

其重要性首先表现在他有许多奇妙的性质，这些特性使得微分方程转化为代数方程。首先，通过计算，我们可得

$$L[f^{(n)}(t)] = p^n F(p) - \{p^{n-1}f(0) + p^{n-2}f'(0) + \cdots + f^{(n-1)}(0)\}.$$

由此，对任一常系数高阶线性微分方程

$$\frac{d^n y}{dx^n} + a_1 \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} + \cdots + \frac{dy}{dx} + a_n y = f(x),$$

只要引入拉氏变换：$y(x) \to F(p) = \int_0^{+\infty} f(x)e^{-pt}dt$，就可以化成一个以 $L[y(x)]$ 为未知数的一元线性方程，这样就可以解得 $L[y(x)]$，从而就有 $y(x) = L^{-1}\{L[y(x)]\}$。

**例 2** 用拉氏变换求方程 $y"(x) + 2y'(x) + 2y(x) = e^{-x}$ 的满足条件 $y(0) = y'(0) = 0$ 的解。

解 *i*) 引入拉氏变换 $L[y(x)] = Y$，对方程两端取拉氏变换，注意 $y(0) = y'(0) = 0$，得关于 $Y$ 的代数方程

$$p^2 + 2pY + 2Y = \frac{1}{p+1}.$$

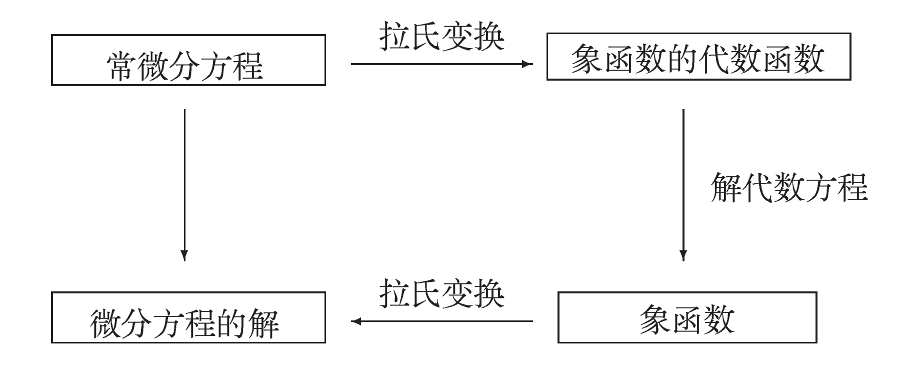
*ii*) 解上面的代数方程就有：

$$Y = \frac{1}{(p^2+2p+2)(p+1)} = \frac{1}{p+1} - \frac{p+1}{(p+1)^2+1}.$$

*iii*) 取拉氏逆变换就有

$$y(x) = e^{-x} - e^{-x}\cos x = e^{-x}(1-\cos x).$$

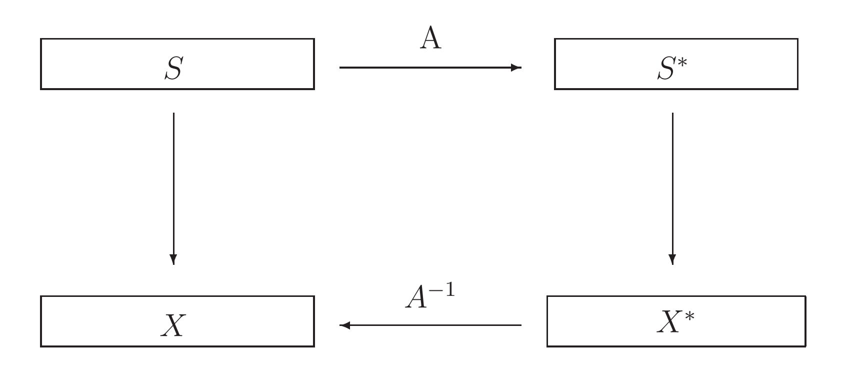
这种解法可以画框图表示如下 [4]：




无论是傅里叶级数，还是拉氏变换，其基本思想都是更广泛的一种思想的具体应用。这就是数学方法论中的关系映射反演员则，及 RMI 原则 [1]:

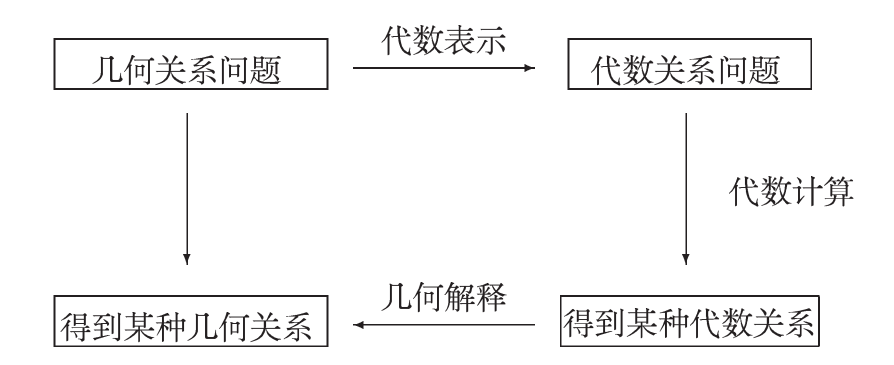
*给定一个含有目标原象 X 的关系结构系统 $S$，如果能找到一个可定映射 $A$ 将 $S$ 映射入或映满 $S^*$，则可以从 $S^*$ 通过一定的数学方法把目标映象 $X^* = A(X)$ 确定出来，从而通过反演即逆映射便可把 $X = A^{-1}(X^*)$ 确定出来。*

这一过程可用框图表示为：

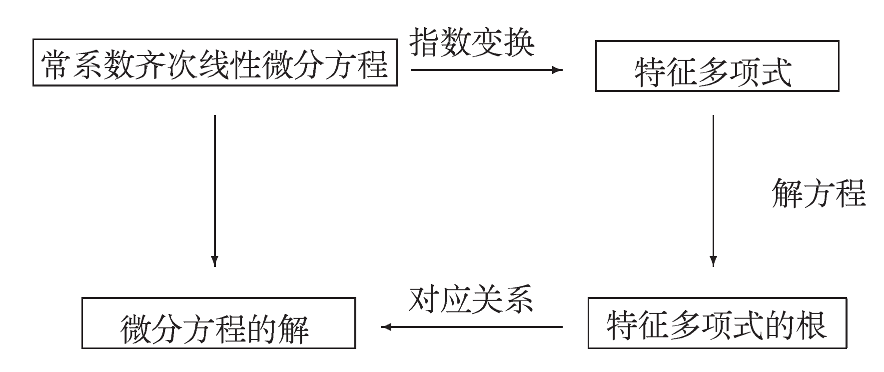



RMI 原则是数学中普遍运用的方法原则。它的具体运用在数学种的各个领域都可以看到。

**例 3** 中专《数学》第二册第二分册种讲述的解析几何，其解决问题的基本思想就是 RMI 原则的运用。若用框图表示，使我们可以清楚地看到这一点：




在解常系数线性微分方程时，也是 RMI 原则的具体运用，其框图表示如下：




**例 4**[2] 近代组合论中，不少解决问题的方法是 RMI 原则的具体运用。这里简单介绍一下其中的母函数（生成函数）的方法。

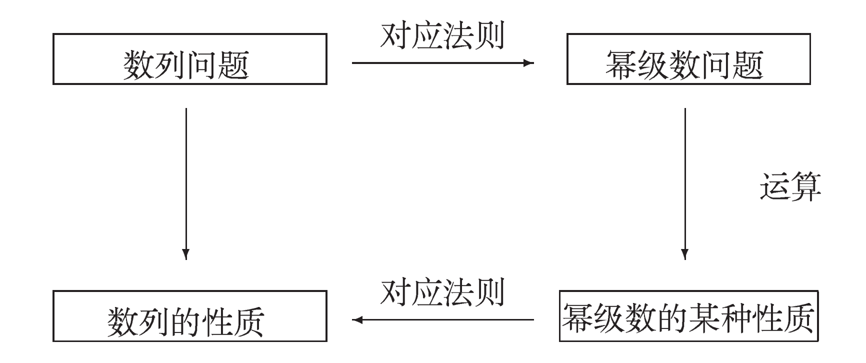
所谓母函数方法，就是把一个无限数列：$\{u_n\}=\{u_1,u_2,\cdots,u_n,\cdots\}$ 对应于形式幂级数

$$u(t)=\sum_{i\geq 0}u_it^i$$

和

$$e^{ut}=\sum_{i\geq 0}u_i\frac{t^i}{i!},$$

并约定 $u^i:=u_i$（前者称为普母函数，后者称为指母函数），然后通过研究普母函数和指母函数，再通过上面的对应关系，反演回来，就可以得到数列 $\{u_n\}$ 的某种性质。框图表示为：




例如，解差分方程 $u_{n+2} = au_{n+1} + bu_n$，$u_0 = A, u_1 = B$ 就可以采用这种母函数的方法。设

$$u(t) = \sum_{i\geq 0} u_i t^i$$

则有

$$atu(t) = \sum_{i\geq 0} au_i t^{i+1},$$

$$bt^2u(t) = \sum_{i\geq 0} bu_i t^{i+2}.$$

所以

$$u(t) - atu(t) - bt^2u(t) = u_0 + u_1 t - au_0 t + \sum_{i\geq 0}(u_{i+2} - au_{i+1} - bu_i).$$

根据数列 $\{u_n\}$ 的递归关系，就有

$$(1 - at - bt^2)u(t) = u_0 + (u_1 - au_0)t.$$

所以，

$$u(t) = \frac{u_0 + (u_1 - au_0)t}{1 - at - bt^2}.$$

设 $1 - at - bt^2 = (1 - r_1 t)(1 - r_2 t)$，则有

$$u(t) = \frac{1}{r_1 - r_2}\left(\frac{u_1 - au_0 + r_1 u_0}{1 - r_1 t} - \frac{u_1 - au_0 + r_2 u_0}{1 - r_2 t}.\right)$$

将 $u(t)$ 展开成幂级数，就有

$$u_n = (B - aA) \times \frac{r_1^n - r_2^n}{r_1 - r_2} + A \times \frac{r_1^{n+1} - r_2^{n+1}}{r_1 - r_2}.$$

特别地，对于由兔子数目的斐波那奇问题到处的数列 $\{F_n\}$，因有 $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$, $F_2 = F_1 = 1$, 故有 $A = B = 1, a = b = 1$ 且 $r_1 = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$, $r_2 = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$, 所以

$$F_n = \frac{r_1^{n+1} - r_2^{n+1}}{r_1 - r_2} = \frac{1}{\sqrt{5}}\left[\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^{n+1} - \left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^{n+1}\right].$$

这是一个耐人寻味的式子, 数列 $\{F_n\}$ 中任一项都是整数, 然而 $F_n$ 却是通过无理数来表示的。

**附：主要参考资料**

[1] 徐利治《数学方法选讲》。
[2] 柯召、魏万迪《组合论》上册。
[3] 吉林大学数学系《数学分析》中、下册。
[4] 中等专业学校攻克通用教材《数学》第四册。

**《让我们插上翅膀飞翔》**– 我的工程之路, 46-74

# 我的工程之路

毛林繁

(中国招标投标协会，北京，100045)

**摘要**: 本文细致回顾了我从一个建筑工人，经过三十年的努力，历经委培生、施工企业工程师、建设单位基建总工程师和招标公司项目经理、专家、副总工程师，直到集数学、物理和工程管理专家学者为一身、教授和行业协会副秘书长为一身的艰辛过程，与个人青少年时期立志要成为一个数学工作者有关，更与个人诚实做人、本分做事和求真务实的治学态度密不可分，对立志成才的青少年朋友有一定的借鉴作用。

**关键词**：建筑工人，委培生，施工组织设计，施工技术，基建管理，招标代理，招标投标行业教师。

**Abstract**: This paper historically recalls each rough step that I passed from a construction worker to a professor in mathematician and engineer management, including the period being a worker in *First Company of China Construction Second Engineering Bureau*, an entrusted student in *Beijing Urban Construction School*, an engineer in *First Company of China Construction Second Engineering Bureau*, a general engineer in the *Construction Department of Chinese Law Committee*, a consultor, a deputy general engineer in the *Guoxin Tendering Co., Ltd* and a deputy secretary general in *China Tendering & Bidding Association*, which is encouraged by to become a mathematician beginning when I was a student in an elementary school, also inspired by being a sincerity man with honesty and duty. This paper is more contributed to success of younger researchers and students.

**Key Words**: Construction worker, entrusted student, construction management plan, construction technology, construction management, project bidding agency, teacher in bidding.

## 引子

工程管理，一直是我家庭开支和个人数学学习与研究的经济来源，也是我“用在企业挣的钱去发展我的数学研究，走一条数学研究的新路”的具体途径。2009 年一次工程招标培训，我应邀为学员讲解《招标投标法》，课堂上，我就《招标投标法》条文规定的内涵与外延，通过大量实际发生的招标采购案例进行了细致的分析和讲解，引起了学员的共鸣。下课后，许多学员仍围着我，纷纷列举他们在实际工作中遇到的问题和困惑，征询我的意见。我结合自己对《招标投标法》的理解以及个人的亲身经历，一一作了分析和解答，学员们纷纷表示不虚此行，学到了“真知灼见”。在回住处的路上，组织培训的某培训中心主任对我说：“你讲课时我从门缝观察了一下听课情况，有的在认真记，有的在认真听，还有的张着嘴，一动不动地在听，听入迷了，说明这一次讲课对了学员的胃口。”工作三十年，我从一个建筑工人，历经委培生、施工企业工程师、建设单位基建总工程师和招标公司项目经理、专家、副总工程师，直到集数学、物理和工程管理专家学者为一身、教授和行业协会副秘书长为一身，与个人青少年时期立志要成为一个数学工作者有关，更与个人诚实做人、本分做事和求真务实的治学态度密不可分。

### 一、建筑工人

1980、1981 年连续两年高考，虽然均超过了录取分数线，但我始终没能跨入大学校门学习。1981 年 9 月，唐山市建设银行在当年没有为高校录取的考生中选择员工，我参加了体检，但没有被录取，只能跟随母亲和一些子弟在当时父亲工作的单位中国建筑二局九公司干临时工。

1981 年 12 月，中国建筑二局一公司进行大范围招工，以满足工程建设的需要。当年 12 月 25 日，我参加了工作，与许多其它公司的子弟一起来到了当时在唐山的中国建筑二局一公司。这一次参加工作的青年有四十多人，公司在唐山丰润热电厂工地组织了为期两个月的入厂教育，并称考核合格后才分配工种。

1982 年春节后，青工入厂教育结束，我被分配到了中国建筑二局一公司三处八队，工种是架子工，与我一起分到该公司三处的，还有 4-5 位子弟。父亲时任中国建筑二局三公司教育科长，据说曾与中国建筑二局一公司教育科长打了个招呼，要求在工作上照顾一下我。他们很照顾我，因为架子工学徒期一年、转正快，同时每月的收入加补助有二十多元钱，粮食定量四十多斤，比其它工种高。我当时想学木工，因为父亲就是木工出身，其技术含量高。但也正是因为没能从事自己想从事的工种，使我后来要去专业学校深造而改变人生。

领完工作服、安全带、扳子等必备的用品，我开始了我的建筑工人生涯。每天与工人师傅一起，到唐山陡河电厂三期工地上班。这是一个世界银行贷款项目，建设工期十分紧张，为保电厂发电目标，作为辅助工种的架子工，经常需要加班将脚手架搭好，为后面的木工施工提供工作面。

第一个月工作结束，工资加上奖金我领到了四十多元，心里高兴极了，因为当时一个月的生活费也就是十七八元钱。我决定每月从工资中留五元钱去购买数学类的书（当时的书很便宜，一本 200-300 页的书，只需花几角钱就能买下来。1981 年春节我在唐山新华书店买的华罗庚的《数论导引》，一本 700 多页的名著，也只花了三块多钱），剩下的，积攒一起后交给母亲。这时，我每两周一次由陡河到唐山市区，再从唐山市区转车前往丰润新区父母家，每月去一次唐山市区新华书店买书，比如华罗庚的《高等数学引论》第一册、前苏联吉米多维奇的《数学分析习题集》、G.Birkhoff 和 S.MacLane 的《*A Survey of Modern Algebra*》(4th edition)、Weixuan Li 的《图论》等就是在这个时期买的。最后那本图论书，一直到 1984 年跟随北京工业大学杨燕昌教授学习图论，我才把它读懂。

当时正赶上关于实践是检验真理的唯一标准的社会大讨论结束，人们迫切需要学习文化知识，以适应经济建设的需要。中国建筑二局一公司为青工办起了文化补习班，由几位"文革"前和 82 届的大学生讲课，学习初等代数、初等几何等文化课程。参加了几次补习后，我就感觉没有必要再去听讲，因为这正是我在中学时期学的最好的课程。于是利用晚上时间学习梁绍鸿教授的《初等数学复习及研究》、学习高等学校的微积分教程，并试着解答吉米多维奇《数学分析习题集》上的一些练习题。许多青工都知道我的数学基础好，下班后也愿意找我讨论一些初等数学中的问题。

而这一时期，中学数学的扎实基础，也使得我读过不少课外书，对后来我可以站在一个比较广泛的角度看对数学问题打下了一定基础，比如求解数论中的不定方程和数学归纳法的进一步应用等。读吴振奎老师的《中学数学证明技巧》，觉得上面有些地方计算或证明有失误，有些地方还有更简便的计算方法或证明方法，于是给作者写了一封信。吴振奎老师很快就给我回了一封信表示感谢，同时寄来他刚刚出版的《中学数学计算技巧》让我提提意见，后来又让我写书评，对我产生了极大鼓励，他也成了我这一时期能够坚持自学的精神支柱。

但我的本职工作是架子工，我需要先干好本职工作，进而才能养活我自己。架子工有几项基本功要训练，一是爬架子，在摇摇晃晃的脚手架上要能站稳，在脚手杆上要能行走；二是几米长的一根脚手杆，一下要能立起来，并稳住；三是在地面向上甩扣件等小型材料要一次到位，便于上面的人接住。锻炼了几个月后，我基本

上可以满足这几项要求了，于是跟着其他师傅参与了电厂各类架子的搭设工作。

为保证电厂汽轮机基础交付安装，架工班有好几个月时间在进行汽轮机基础支撑架的搭设工作，该支撑架由一位老工程师设计，比较保守，立杆中心间距仅有 50cm，步距 60cm。搭设过程中，掉到下面的扣件、管件、扳子等均无法拿出来，因为人根本无法钻进去，太密了，工人师傅戏称这是“麻雀也钻不过去”的架子。白天上班、夜晚加班，加之晚上自学，太累了，一次工间休息，我不自觉地在汽轮机承重架上睡着了，差点掉下来，好在架子比较密，脚手板铺的比较宽才没出意外。这以后，凡是搭设几十米高的脚手架，工人师傅一般都会安排我在地面递送架料。

1982 年秋季的一天，我参与电厂外装修脚手架搭设工作，工间休息我从脚手架上下来，碰到一位刚刚分配到电厂工作的大学生。他很谦虚，问我电厂的工程、设施布局，如哪是汽轮机、哪是锅炉房、哪是变电所等，我一一进行了介绍，随后他向厂区走去。看着他远去的背影，我不由感到一阵心酸：难道自己就这样在脚手架上度过一生吗？这与自己在中学时期的付出和老师的期望也太不相符了。高中时期对我期望最高的是教数学的胡中生老师，“谁考上大学都无所谓，只要毛林繁能考上就好” – 这是他当时与许多人说过的话。人这一生不能辜负别人对你的希望，也不能辜负别人的信任。2005 年 10 月，当我再次回到中学时期生活的地方时，这位老师已经去世，我让同学带着我到他的墓地前表达了对他的哀思。

1982 年底，经过考试和考核，我顺利转正了。这一时期，许多同时参加工作的人利用裙带关系，或是调换成了好一点的工种，比如给施工员跑跑腿，帮着放线等，或是托关系去专业学校深造，以求回来后能直接从事技术管理工作。这时一些其它公司的子弟已纷纷调回了其父母所在公司。我参加工作时是以中国建筑二局九公司子弟名义来的，此时中国建筑二局九公司已经撤销，没有可以利用的关系，只能靠自己改变命运了。

我决定再参加一次高考，以改变架子工这种不想为之付出一生的职业。1983 年 7 月高考前，我请了两个月的事假在家复习，准备高考。参加完高考，感觉分数还可以，回到唐山陡河电厂工地后，我一面继续干着架子工；一面盼着高考成绩早日公布。果不其然，高考分数公布后，我超过了录取分数线 10 多分，其中数学考了 110 分，近乎满分了，可以选择一所理想的大学去学习数学或应用数学了。填完自愿，我继续从事着架子工，等着被大学录取。

这一年八月眼看就要过去了，我还没有接到大学的录取通知，感觉入学无望了。与当时在辽宁大学任教的吴振奎老师通信，他说我的分数在辽宁肯定没问题，肯定会被一所大学录取的。八月底，中国建筑二局一公司与北京城市建设学校联系好，让他们帮着委托培养 3 名技术人员，插班到该校工业与民用建筑、建筑给排水专业

进行为期四年的学习。因为学习地在北京，我很想利用在北京的机会学习数学，于是报名参加这次委托培养。这时公司里希望参加学习，并以此改变命运的人很多，于是公司组织了语文、数学资格考试。我总分排名第一名，这样顺利获得了到北京城市建设学校工业与民用建筑专业学习的机会。1983 年 9 月 9 日，我和一位工人师傅一起，登上了由唐山开往北京的火车，并由这位工人师傅带着来到了已经由唐山搬到北京的中国建筑二局一公司总部。第二天，我拿着由公司组织部门开的一封介绍信到学校报到，开始了委培生生涯。

这些年很多人问我，参加了三次高考，为什么每次都上了录取分数线但没有一所大学录取我。我告诉他们，1980 年那次高考成绩，我可以上师范类院校，但我不愿意，选报的志愿几乎都是机械工程、机械制造类的热门专业，没有被录取是正常的；后两次，一方面录取率低，仅 10-20%，加之我不是应届毕业生，不占优势；另一方面，我也是近年才明白，就是上了录取线并不一定能走，是否能进入大学校门，就要看学校是否愿意招你了。我想，这也许正是国内高校招生，在买方市场下的特色吧。

## 二、委培生

1983 年 9 月 10 日，我正式来到北京城市建设学校建 83-1 班，作为一名委培生，与参加北京市中等专业学校统一考试录取的几十名同学一起开始了为期四年的专业学习。这所学校实际上是由北京建筑工程学院分出来的一所学校，当时隶属于北京市建设委员会，学校几位校长和主要授课教师大都来源于北京建筑工程学院。有意思的是，二十多年后，即 2010 年初，我有幸成为了北京建筑工程学院的特聘教授，不知是否这就是冥冥之中的关联。

北京城市建设学校是一所以高中为起点的中等专业学校，所以第一学年学的，基本上都是高中课程，有的比高中课程还要简单一些。虽然如此，我第一学年还是准时到学校听课，毕竟学完了不用再从事架子工了，机会来之不易。

仅一个月的时间，学校老师和同学就知道我的数学、物理成绩特别好，根本就不用听课，但我还是坚持去听。同时，告诉辽宁大学的吴振奎老师，我到北京这所学校学习了，让他给我介绍几位他在北京的同学，以便我在学习数学过程中有问题好请教。他推荐了两位，一位是北京工业大学的杨燕昌老师，还有一位是北京工业学院的陈元灯老师，后者我没有见过面，因为离我住的地方太远，给他写了封信也没有收到他的回信。而杨燕昌老师则从 1984 年春季开始，一直指导着我的数学学习，这也是我后来能够顺利完成北京市高等教育自学考试所考科目，并直接考取北方交通大学博士研究生的主要原因。

在北京城市建设学校学习期间，我比其他同学大 3-4 岁，与老师处得很融洽，尤其是教数学、英语、理论力学、材料力学、结构力学、建筑学和施工技术的几位老师。一段时间后，一些老师问数学老师，说我这样好的成绩为什么会来北京城建学校求学，数学老师告诉他们我的背景，说我原来是一个工人，有机会出来参加系统的专业学习，比在工地上当工人要强许多，因为每个人的路的走法都不一样。

学习《画法几何与建筑制图》，其中的画法几何不过是在高中数学中的立体几何基础上，进一步投影到平面上结果，学起来没什么困难；建筑制图则是在画法几何的基础上，在建筑一定部位剖切然后进行垂直投影的产物，比如建筑平面图，就是在窗口位置上剖切后向下的水平投影结果；而梁中的配筋图，则是从钢筋所在位置进行的垂直剖切后进行的侧面投影结果。我在中学时期的字写得是相当糟糕的，当时的物理老师戏称我的字象“甲骨文”，这与个人思维快，不愿拘泥于形式有关，但学习建筑制图，除采用铅笔画出粗细线条外，还要练习写标准的仿宋体，这对我是个锻炼。既要磨练性子，又要改变自己原来的写字习惯。几个月后，在老师的帮助下，仿宋字基本上可以过关，从而可以画出一张满足要求的建筑图了。

我仅在高中学习过两年英语，基础算比较差的，而此时跟随杨燕昌老师学习研究《图论》一课，又迫使我学好英语，因为当时国内的图论研究刚刚起步，迫切需要阅读大量的国际上公开发表的英文文献。记得当时学校采用的是大连海运学院的《基础英语》，其词汇量要求不是很多，但英文语法讲得特别好，加之英语老师对语法又情有独钟，每个语法点都会为我们细致分析，有时还利用课余补课，进一步讲解一些难句、长句的语法以及段落分析，使得我英语水平增长很快，在二年级基础英语学习结束，我已经可以读懂发表在国际期刊，如《图论杂志》、《离散数学》等上面的英文专业论文了。

学习房屋建筑学，使我对房屋的构造和表示有了透彻的了解；而钢筋混凝土结构、钢结构和木结构三门课，则又让我进一步理解了数学的功用，同时也进一步了解了在建筑结构设计过程中采用的力学模型、计算假设和计算方法，这也是我回到中国建筑二局一公司从事技术管理，在结构计算方面占优势的一个主要原因。

学习建筑材料、建筑施工技术等课程，又显现出我在唐山陡河电厂工程参与过两年工程建设的优势，无论是建筑机械、建筑材料、建筑成品或半成品，还是施工工艺与施工方法，我至少已经有了许多感性认识，较之直接从初中来的同学要好许多，对土方、钢筋、模板、混凝土、砌筑、门窗、抹灰、油漆等工程施工方法，在陡河电厂有的辅助别的工种干过，有的则直接干过；再比如画模板图，别的同学因为没见过，不知道应该怎样去画，我则知道它实际上起着装混凝土的容器的作用，在底下或是在侧面，画起来得心应手。

而施工组织与管理一课中的网络计划，则正好又是我跟随杨燕昌老师学习的《极值图论》在生产实践中的一种具体应用，工序的逻辑关系则与施工时间的先后及技术搭接有关，这是我的强项。应同学和老师的要求，我在这一时期课后，专门为同学们讲过一次“哥尼斯堡七桥问题与欧拉图”，以作为知识的进一步扩充。这门课后来成了我回到中国建筑二局一公司从事技术管理的基础，即编写工程施工组织设计。

我是先到施工现场工作过两年，有了感性认识后再来到专业学校学习的，属于由实践上升为理论的学习方式。而在专业教育体系中，往往是由中学直接进入专业学校学习，对所学专业课几乎没有感性认识。一般学校会在学习一段时间后组织学生进行专业课的实习与生产实习，属于由理论到实践的灌输式学法，“殊途同归”，但前者对于接受所学知识，进而指导实践更有利于人才培养。

北京城市建设学校委培期间，单位每年为我向学校交 400 多元钱的委托培养费，同时我每月还有 36 元的生活费。学校放假时，我还会回到唐山陡河电厂工地，找原来住在一个宿舍的几位青工互诉友情，因为我上学期间的生活费全是由他们帮我寄到北京住处的。

## 三、技术人员

对刚从专业学校毕业的学生来说，如何将在学校所学专业知识应用于施工管理，是每个工民建专业毕业的学生都迫切需要考虑的问题；对企业来说，怎样减少学生在企业的培养时间，以使他们能够快速地适应施工管理，是每个企业迫切的要求。1987 年 7 月，我的委培生涯结束，回到了中国建筑二局一公司从事工程技术管理，仅用了半年时间，就适应了工程施工管理，独自承担起了建筑工程技术管理。

### （一）北京电力医院

1987 年 7 月我由北京城市建设学校学习结束，分配到了第三工程处生产技术股任综合技术员，配合一位老工程师负责北京电力医院工程。当时新工程还没有开工，但此前已经竣工的一些工程，北京市城建档案馆一直不收其竣工资料，理由是竣工图不满足要求。

所谓竣工图，就是在原设计图纸上，将施工过程中发生的设计变更，采用文字或图反映在设计图纸上，以便于后人在处理某个问题，需要了解竣工实况时可以查对。我到工地的第一项任务就是完成一些工程的竣工图，对照竣工图制作标准和设计变更内容。我逐一核对此前别人完成的竣工图标注和说明是否反映了设计变更，同时熟悉图纸上一些常用的标注方法。经过细致地查对，发现确实有一些重要的设

计变更内容没有如实反映在竣工图上，于是进行了添加或修改。竣工资料最后移交给了档案管理部门。1987 年底，组织上抽调我到北京四川大厦工程从事前期工程准备工作，进行施工现场平面布置以及配套的临建工程设计，这其间还专门到北京一家盒子建筑生产厂商去考察，配合材料部门订货。

1987 年初，国家缩减固定资产投资规模，北京四川大厦工程列入了北京市第一批停缓建项目，原设计的两座主塔均暂停施工。正好这时北京电力医院开工建设其病房楼与门诊楼之间的连系廊工程，我又回到了北京电力医院工地，负责该项目的技术管理。这是我独自负责技术管理的第一个工程。组织完工程施工图审查后，我开始编写工程施工组织设计。当时几乎没有编写施工组织设计的工具书，只有一些其它实施过的施工组织设计可供参考，该工程本身并不复杂，其结构为四层框架 - 煎力墙结构，按照学校学过的施工组织与管理，参照其它工程施工组织设计，我完成了该工程施工组织设计的编写工作，经过工程处主任工程师审核同意后，交付办公室打印，下发施工队执行。

该工程技术管理过程中，在一些老工程师的指导下，我逐渐学会了怎样解决施工过程中出现的各种技术问题，比如图纸上有矛盾的地方，既要发现，还要提出解决办法让设计单位认可；再比如施工中经常遇到的钢筋代换问题等；而模板支架、脚手架的设计则是编制施工组织设计必须先行计算的；到了装修阶段则还要配合建设单位进行装修材料选样、处理结构施工中的一些缺陷等。

虽然工程本身不复杂，但正是这个工程，使我全面了解了一个框架 - 剪力墙工程的施工组织与管理方法，对后来从事技术管理以及个人的快速成长打下了基础。

### （二）北京四川大厦

1988 年底，北京电力医院联系廊工程竣工。1989 年初，我又回到北京四川大厦工地，此时该工程正在进行停缓建部位以下工程施工，我分工负责地上群房工程技术准备，专门负责图纸会审和编写其施工组织设计工作。正是在这个项目上，我在编制北京电力医院联系廊施工组织设计基础上，经过了更加严格的施工组织设计编写训练和有关的结构计算，为后来编写施工组织设计、写施工技术总结、论文打下了基础。这次严格的训练，也使自己继承了中国建筑工程总公司编写施工组织设计的内容和方法，即一份完整的施工组织设计内容至少包括：①编制依据；②工程概况；③施工部署，包括施工方案选择、施工段划分、施工程序、进度计划、垂直运输机械等；④施工准备及工作计划；⑤主要项目施工方法；⑥施工总平面图布置；⑦各项需用计划；⑧主要技术措施，包括质量保证措施、安全消防措施、冬、雨、风季施工措施和降低工程成本技术措施等；⑨附图、附表。在这个项目中，经过结构计算

采用了碗口脚手架体系，也采用了快拆模体系等新技术、新工艺，对保证施工质量、工期，节省工程施工成本起到了一定的作用，同时自己也开始学会采用力学模型简化并进行模板支撑体系、脚手架计算等，进而解决施工中遇到的一些技术问题。

施工组织设计编完后，除需要处理施工过程中的技术问题、办理设计变更手续外，工作还算相对轻松，我这时正在准备参加"全国第九届图论学术交流会" 的一篇文章。在我的要求下，工地电脑室的同志帮我进行了输入、排版和打印，而当时的电脑仅是 286、386 等老式电脑。

1989 年"六四" 期间，我正在北京四川大厦工地，在工地上经常可以看到海淀区高校学生举着红旗从阜城门桥下走过，但在"六四" 后的一周内，因形势太紧张，单位不得不放假，以防意外。到了 1989 年底，停缓建规定的部位已经基本施工到位，我在此的技术管理工作也基本结束，交接完有关资料后，我又转到了下一个工地，继续从事技术管理工作。

### （三）北京财贸学院

北京财贸学院工程，是我个人建筑施工技术水平走向成熟，进行技术创新的一个项目。1987 年底，国家开始缩减固定资产投资规模，施工任务来源减少，但对大型国有企业来说，任务仍然不少。在这一形势下，1989 年底，中国建筑二局一公司三处承接了北京财贸学院一期七个单位工程的建设任务，这是一个施工工期十分紧张，同时为保证学生在 1991 年秋季顺利开学，又采用"平行施工" 建设的一个项目。组织上安排我在这个工地负责施工技术管理，而建设单位一方，正好有一位北京城市建设学校比我晚两届毕业的同学。

教学楼基础施工，正赶上下大雨，第二天工长组织拆除模板后发现基础梁根部出现了蜂窝麻面等质量缺陷，工地受到了质量监督部门处罚。编写缺陷部位修复处理方案 (膨胀混凝土二次浇筑)，与同学一起征得设计单位的同意、督促施工人员修复混凝土缺陷则成了我的重点工作，也使我知道了保证工程质量，除编制施工计划外，尚需在施工过程中采取有效的质量控制与管理措施，而这恰是 ISO9000 质量认证体系的核心思想。

这一年，北京市建设委员会在全市开展单位工程全面质量管理推广工作，北京财贸学院工程列入了检查项目，其中有一项考核，就是管理者要对下级考核，写出意见；同时，下级也要对管理者进行考核，并要有记录。被检查单位几乎没有人知道应该怎么做。为应付检查，工程处分管质量、技术的几个同志连续几天准备检查资料。为此，我先画了一个表，让其反映出上下级的检查与被检查关系，然后列入几个检查科目，找人签上字。一共没几份，但总算表达出了双向考核的意思。全市

检查总结大会上，这几份资料得到了肯定。一位领导在会上说道：“*你们都说双向考核实现不了，你们看一看北京财贸学院工地的做法，那不就是双向考核吗!*”听开会的同志回来说我们因此事得到了检查组表扬，我感觉有些诚惶诚恐，因为那不过是为应付检查而临时准备的一份资料而已，并没有在实际管理过程中使用。

由于北京财贸学院一期工程七个单位工程同时开工，模板、架料需求量大，供求关系显得很紧张，这就需要计算在工程上的模板支架哪些可以拆，什么时间可以拆下来进入周转。结构计算后，我采用了二次支撑的方法，即大梁的模板拆除后进行二次支撑，其余位置则不需要的方法，这样大大节省了模板、架料的一次性占有率。经常对施工构建进行计算，加之从《*建筑技术*》、《*建筑施工*》等期刊上吸取了大量养分，使我对现场一些临时性设施的结构计算已经日趋熟悉。

学生食堂施工过程中，首层楼板浇注混凝土是 10 月 30 日，天气预报当日最低温度为零下 $6^oC$ 度，商品混凝土搅拌站添加的混凝土抗冻剂可以抗零下 $8^oC$ 度，但当日晚上的温度低到了零下 $11^oC$ 度。虽然在楼板上加盖了草帘子保温，但第二天上午检查，发现浇筑的混凝土全部受冻，并且在接下来的两天混凝土不凝固，这是一次质量事故，只得找混凝土搅拌站的同志来分析原因，与设计院的同志商量处理办法。分清责任后，这一层混凝土在浇筑后半个月全部拆除，接茬部位清除干净后重新浇筑同配比的混凝土。

1990 年底，一位一起工作的同事告诉我，说北京市有一种高等教育自学考试，不用上学，直接按照专业科目考试就可以了。于是，我们一起到丰台区教育局询问清楚后，购买了考试大纲和考试用书。我选择的专业是应用数学，基础课报名在丰台区教育局，专业基础和专业课则在北京大学。为此，工作之余，我开始准备第二年四月份和九月份的考试科目。

这一年冬季，为了保证北京财贸学院 1991 年学生顺利入学，工程处开始计划第二年需要施工的几个配套项目，其中的 $100m^3$ 倒锥壳水塔施工摆到了议事日程。国内倒锥壳水塔水柜施工方法有两种, 一种是在水柜下部搭设脚手架, 在水柜安装位置上支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土，但控制其施工各项精度是个难点，同时一次性占用架料多，摊销成本大; 还有一种是在地面支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土，养护至设计强度后在筒身顶部安装型钢支架，放置液压穿心千斤顶，采用 $\phi = 25mm$ 的圆钢作拉杆，从地面利用液压原理把水柜提升至设计安装位置，好处是在地面比较容易控制水柜施工质量，同时节省搭设水柜支架的一部分费用，缺点是 $\phi = 25mm$ 的圆钢在施工过程中需要逐节切割，切割下来的圆钢没法再次利用，只能一次性摊销入工程成本。

这时国内一些建筑技术研究机构开始研究生产 $\phi = 48mm$ 的滑模千斤顶，拟

采用 $\phi = 48 \times 3.5mm$ 的冷拔无缝钢管替代 $\phi = 25mm$ 的圆钢作为滑模支杆，这样可在滑模施工中回收 $\phi = 48 \times 3.5mm$ 钢管作为架管，从而降低工程施工成本。此时一些厂商已经生产出了样机，但在滑模工程施工中还没有使用过。同样地，倒锥壳水塔水柜提升也没有采用过这种新型千斤顶。中国建筑二局资助了 1 万元科研基金，资助采用这种新型千斤顶提升倒锥壳水塔 $100m^3$ 水柜施工技术研究并实践于北京财贸学院工程，研究任务自然落到了我的头上。整个水柜提升重量达 105t，荷载不均匀系数取 1.2，设计动荷载按 $126t$ 控制。

为此，我进行了大量钢结构计算、液压计算和实验模拟，进而完成了整个提升系统，即提升架、吊杆、液压提升系统、吊点和操作工艺设计工作。所设计的提升架采用 16 号槽钢制作三脚架，支撑上下两个环梁，其中上环梁为千斤顶支座，下环梁用于安置安全保险卡，以防提升过程中千斤顶打滑；吊杆上焊接 $M30$ 螺栓，采用丝扣连接上下吊杆，以便于在提升过程中安装和拆卸；液压系统选用滑模工程施工中的一种液压控制台、24 个液压穿心千斤顶沿筒身外均匀布置，同时在 23 号吊杆上连接传感器，以测试吊杆应力变化。该项设计最终在北京财贸学院 $100m^3$ 倒锥壳水塔水柜提升中得到成功应用。经过提升准备、提试升、正常提升和水柜就位等提升工艺，水柜最终就位于设计标高 $31.40m$ 位置，一共历时 7 天时间，为国内该项施工技术的研究做出了一定贡献。北京财贸学院 $100m^3$ 倒锥壳水塔水柜提升设计最终获得了 1991 年中国建筑二局科技进步二等奖，而当时我中专毕业才三年多一点，职称也不过是一个技术员而已。我对提升系统设计及其施工进行了总结，这就是 1992 年分别发表在《滑模工程》的 “北京财贸学院 $100m^3$ 水柜顶升施工” 和《建筑科技》的 “北京财贸学院水柜顶升施工” 那两篇文章。

倒锥壳水塔的施工，拉开了北京财贸学院一期工程院内给水、排水网工程施工序幕，按照 “由深到浅，先污水、再雨水，最后给水” 的施工原则，我进行了整体施工计划，编写了施工组织设计并组织实施，从而保证了 1991 年新生开学。



首都经贸大学校园

北京财贸学院一期工程施工，使我系统掌握了群体工程施工组织方法。后来，

即 1996 年应《建筑技术》杂志社彭圣浩社长之约，我对北京财贸学院一期工程施工组织进行了总结，这就是收录在他主编的《建筑工程施工组织设计实例应用手册》中的“学校一期工程施工组织总设计”。

二十年后的 2010 年，当我再次回到这所学校，此时学校已于 1995 年与其它学校合并，更名为首都经贸大学时。我的同学告诉我，说我当时苦心设计其提升工艺的学校倒锥壳水塔，已经在 2009 年拆除了，因为那块地需要改作它用，同时因供水工艺的革新，已经不需要再单独设置一座几十米高的水塔了，我很感慨，也再次感受到了科技进步的力量。

### （四）北京木樨园体校游泳跳水训练房

北京财贸学院 $100m^3$ 倒锥壳水塔施工的成功，使我一跃成为了公司的主要技术骨干。1991 年 10 月，我受命来到了中国建筑二局一公司三处第八施工队任技术队长，由单一一个项目的技术管理发展成同时担负几个项目的技术管理工作，包括北京木樨园体校游泳跳水训练房、北京市档案馆和中国中医研究院科研业务楼等工程。

北京木樨园体校游泳跳水训练房施工有两个难点，一个是 $50m$ 标准游泳池、$10m$ 跳台跳水池的防渗漏以及水池施工精度；再一个就是位于水池上方长 $62m$，高 $1.5m$（局部高 $2.3m$）的无粘结预应力混凝土大梁。



游泳跳水训练房

为保证水池抗渗，设计采用了三道防线，一是水池内侧瓷砖下刷一层氰凝防水涂料；二是结构自防水，采用 $C28$ 级参加 UEA 复合膨胀剂的防水混凝土，其抗渗等级 $\geq B8$；三是水池底部采用 $3:7$ 灰土回填，这当中最基础的是水池结构抗渗。为此，我查阅了大量资料，并从书店专门买回王铁梦著的《建筑物的裂缝控制》一书研读，对大体积混凝土的裂缝控制计算及措施有了较深刻的了解，于是决定从结构裂缝计算和施工措施保证两个方面保证游泳池、跳水池的结构防渗漏。经过结构裂缝计算，我确认几个水池的结构和混凝土自身热量不会导致结构开裂，于是要求工长按照既定的施工计划，完善措施组织施工。

当时，工程处主任工程师采用大体积混凝土裂缝控制计算方法，计算得出的结

论是单纯靠混凝土结构其自身热量会导致 $50m$ 标准游泳池结构开裂，很着急。于是把我喊到他的办公室再计算一次。我和他按照计算步骤，共同商量、查找有关系数、参数，花了一个下午时间又重新计算了一遍，表明仅靠混凝土结构自身就足以抵抗其自身热量导致的开裂，与此前我的计算结果一致，于是决定在措施保证的前提下，通知工长准备混凝土浇筑。在施工措施方面，我考虑了一系列的技术措施，包括水池尺寸、模板定位、池底标高控制、混凝土抗渗施工及抗裂，侧温孔布设及监测等措施。第一次浇筑 $-1.68m$ 以下部位的混凝土，包括水池底板和一部分池壁，待其强度满足设计强度后组织以上池壁的浇筑，为此，在接槎部位安装了橡胶止水带；同时，为保证其结构抗渗，每次浇筑均需要一次性浇筑完成，按照"分条分块、分层振捣"的原则，由北向南对称浇筑，及时排放混凝土泌水，进行混凝土养护，确保了游泳池、跳水池的结构自防水施工质量。

水池上方长 $62m$ 的无粘结预应力混凝土大梁施工前，我先行设计了其模板支撑架，采用 $\phi = 48 \times 3.5mm$ 架管搭设立杆间距 $600mm \times 800mm$，步距 $1200mm$ 的支撑架并进行了结构计算，确认支撑架满足施工要求。无粘结预应力混凝土梁有一个施工关键之处，就是要确保无粘结预应力筋的摆放位置准确，不能因混凝土浇筑移动其位置。为此，我要求工长按照设计曲线进行放样，在大梁上每隔 1 米用钢筋对其进行了位置固定。在混凝土浇筑前，工程处组织的质量检查过程中，主任工程师对该大梁的支撑架提出了疑义，认为架子立杆太稀了，说当时陡河电厂汽轮机基础的厚度与此处的梁高度差不多，支撑架立杆中心间距仅 500mm，步距 600mm，要求我复算一下。我复算后结构仍是安全的，并向他作了保证。混凝土浇筑过程中，这位老工程师亲自到工地上进行了查看，看到施工安全后才放心。无粘结预应力张拉工作则是在混凝土养护达到张拉强度后组织，采用对称张拉的原则，对梁内无粘结预应力筋编号，逐一进行张拉，以保证预应力张拉不会造成混凝土局部应力过大而受损。

经过北京财贸学院 $100m^3$ 水柜顶升系统设计以及此处 $62m$ 长的无粘结预应力混凝土大梁施工，我已熟知了怎样将力学模型应用于施工管理，同时也弄明白了为什么有的工程师的设计相当保守，原因就在于采用的力学模型不一样。比如模板支撑架的设计采用简支梁计算模型，计算较方便，但十分保守；而采用连续梁计算模型，计算稍微复杂一点，但与实际情况比较接近，同时更有利于降低工程施工成本。

北京木樨园体校 $50m$ 标准游泳池的结构防渗漏施工技术，以及其 $62m$ 无粘结预应力混凝土大梁施工技术后来以我和马刚的名义写了两篇论文，分别在《建筑科技》和《建筑技术》上刊发。

1992 年夏天，北京市档案馆工程开工，面对一座高层框架结构，如何降低其工

程施工成本摆到了技术人员的面前，特别是需要对双立杆外脚手架进行改良，以减少架料摊销费用，提前插入其它工序施工，从而确保施工工期。这一时期，北京市已经有一些施工单位在采用插口架施工技术，只需要两层架料，然后采用倒链葫芦进行提升以满足施工工作面要求。但怎样从理论计算到实际操作并没有可以借鉴的经验。

我与施工队几位同事到附近一个工地参观了一次，回来后就想明白它的理论基础，认为插口架技术不过是悬挑梁计算模型的应用。它利用了每层浇筑混凝土过程中预埋的钢筋吊环穿入型钢或直接就用两根架管作支撑，并与混凝土柱子拉接，进而形成一个稳定的力学体系。经过计算，我设计出了北京市档案馆外墙上的插口架，并编制出了施工方案组织工程实施。

1992 年冬季，中国建筑二局组织技术职称评定工作，因为中专毕业才满五年，我此时的职称仍是技术员，连助理工程师都不是。为此，我报的希望是能评上助理工程师就可以了。到公司技术科询问，负责此项工作的同事告诉我，说我的助理工程师仅需要填一下表就可以了，不会存在问题；说公司几位领导正在考虑给近年在技术领域做出突出贡献的三位技术员破格晋升为工程师，我就是其中一个。不过他又说，三个人均破格的可能性不大，估计工程局不会同意，让我有个心理准备，因为我才毕业 5 年，那两位同事已毕业 8 年了。

这年底我回唐山父母家，顺便到局副总工程师、《建筑科技》主编李汉民的办公室去了一趟。因完成北京财贸学院 $100m^3$ 水柜顶升系统设计并成功应用、组织北京木樨园体校游泳、跳水训练房和北京市档案馆等工程技术管理，同时解决了其中一些技术难点，我与他很熟悉，他也对我的一些技术创新工作有一定的了解。谈话间谈到了这次技术职称评定，我告诉他公司已帮我申报了职称，让他留意一下，我当时并不知道他是工程局职称评审委员会的主任。几个月后我到工程局开会，去他办公室拜访他时，他告诉我，说以为我晋升高级工程师呢，看申报表才知道申报的是工程师，完成的技术创新工作当然满足破格条件。

几年后，直到公司一位同事告诉我，我才知道那次职称评审的一些具体事情。她说那次职称评审，一公司定的原则是“报三争二”，即让那两位同事破格为工程师，因为他们毕业时间比我长三年，同时，给我公司内聘工程师的待遇。可是让一公司经理没想到的是，我在工程局技术领域的声望远远超过了那两位同事。在评审会上，李汉民组织审查了各公司申报需要破格的人的材料后，拿起我的申报材料，介绍了我这些年在施工技术创新方面完成的一些主要工作，并说认为一公司申报的三位人员中，我的条件满足工程局破格晋升的条件，表示同意我破格晋升为工程师。听到他的意见，参加评审委员会的一公司经理十分着急，因为这与参加评审会前，

公司领导班子既定的原则不一致。思前想后，他站起来说："李总，在他们三个人中，毛林繁的技术水平是最差的。如果你认为他满足破格条件，那两位同志也一定满足破格条件。"李汉民说："毛林繁的技术工作我了解，也得到了工程局的认可，那两位同志工作也做了不少，但有些差距。"见一公司经理为那两位同事力争破格，李汉民最后表示了不反对的意见。最后经全体评委投票，同意我们三个人破格晋升为工程师。这件事后来成了一公司一些领导的心病，这位经理回到北京后就与他人说"不知道毛林繁与工程局领导有什么关系，职称评审会上李总竟直接为他说话"。而实际上，我与李汉民的关系仅是一个技术人员与工程局领导的工作关系，只不过这几年完成的技术创新工作多，在他主编的《建筑科技》上发表的技术论文多，进而得到了他的关注，我们之间实际上并没有更进一步的交往。如今，这位前中国建筑二局的老专家已经辞世十多年了。我个人始终感觉，我在中国建筑二局一公司工作的十多年间，之所以能够在施工技术领域有些建树，特别是后来在北京电力生产调度中心工程中的出色表现，与他在这一时期对我的关怀和支持是分不开的。

这样，1993 年 3 月，在我中专毕业五年多一点时，我就与其它一些本科毕业满五年，且在技术管理上有一定成绩的同事一起获得了工程师职称。当时技术职称是与工资挂钩的。于是，我的工资从原来的每月 84 元一跃到了工程师的最低工资线 124 元。到了这一年六月，通过自学考试，我获得了北京市高等教育自学考试委员会和北京大学联合颁发的应用数学专业专科文凭。同时在职称、工资和高校文凭三个方面获得收益，特别是工资调成了每月 124 元，使我成了公司内一些人的嫉妒对象。

我也是后来几年才知道，国企内耗、人员间拉帮结派现象这时已经到了相当严重的程度，稍不注意就会受到来自其它几方面的打击。而我在这一时期思想还相当单纯，没有参加任何一派，以为只要好好钻研施工技术、能为企业解决施工技术难题，就会受到领导重视和重用，殊不知这时大型国有施工企业正处在转型期，其管理机制、用人机制和分配制度等正处在改革的初级阶段，我的这种想法不符合该公司的主流，这也是造成我最终决定离开中国建筑二局一公司的直接原因。

### （五）生产技术科

1993 年下半年，公司进行机构改革，将工程处改为分公司作为一级经济核算单位。1994 年 1 月，我回到了分公司担任生产技术科科长。没有了工地上的喧哗，整天就是开会、在纸上谈兵，我反而觉得不习惯。好在参加每月的施工生产检查，还能看到一些工程施工情况。

这时国家已经开始在工程建设领域引入招标投标竞争机制，不过并不规范，当

时招标人编制的标底基本上起确定中标人的决定作用，这样，投标人的私下运作就很关键了。那时封标工作由公司经营科牵头组织，公司技术科和分公司预算科分别编写投标施工组织设计大纲和投标报价文件。经常是在开标前一天夜里十二点以后，才由公司领导拍板定下投标价、工期等关键指标后才能打印全套投标文件，封标工作要干到第二天上午五点左右才能完成，很辛苦。

我这时有一项主要工作，就是配合投标编写施工组织设计大纲，这是我的强项。每次投标，熟悉施工图后一般只需要三天时间就可以按照招标文件的要求，完成施工组织设计大纲的编写工作。这一年，我先后参与了十多个工程的投标工作。

北京冠城园一期工程由韩国人投资建设，投标时间很短，评标指标有投标报价、施工组织设计等内容。拿到施工图后，我仅用了两天就完成了施工组织设计大纲的编写，交给办公室打印了。而工程预算报价则用了十多天，才由经营科的几位同事加班加点编写完，她们很羡慕我，说同样的投标工作，我只用三天，而他们则用了十多天，太累了。

开标那天，公司经理带着我和公司经营科长、分公司经理等几个人一起赶到开发商指定的会议室参加开标会议。参加投标的，记得还有北京建工集团、中国建筑一局的几个公司。开发商在规定的时间组织开标会议，领导讲完话后，由开发商一位工作人员拆封，一位唱报价，一位在黑板上记录。唱标结束后，由每个投标人抽签，决定各投标人唱技术标的先后次序。我们抽到了 3 号，即第三个唱技术标。当时投标文件的制作水平不一，有的是直接手写的，有的采用油印，而我们的施工组织设计则是采用电脑打印在 16 开纸上。前面两个投标人的施工组织设计，无论是印刷形式，还是唱标效果均不好。我拿出打印好的施工组织设计大纲，按照编制依据、工程概况、施工部署、主要施工方法、主要技术措施的次序，如模板采用钢制定型大模板、楼板采用快拆模支撑体系、混凝土采用自拌混凝土、塔吊垂直运输等主要内容，提纲携领地进行了宣读，结束后，经营科长说几家投标人中，我技术标唱得最好。

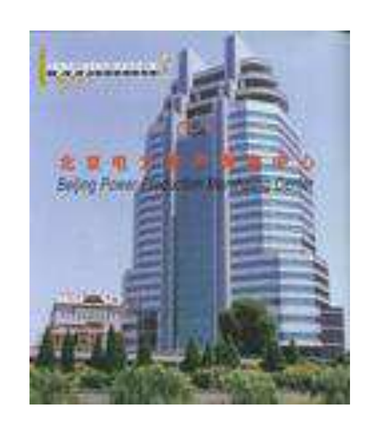
这一时期，工程标底是评价投标报价的主要依据，一般投标人都会通过各种手段拿到最后的标底数值，所以投标报价一般都差不多，而开发商又想把工程交给中国建筑二局一公司来施工，认为这样对房子的销售会有好处，因为韩国人一般都知道中国建筑工程总公司。这样，在最后确定中标人过程中，我编写并亲自唱出的施工组织设计大纲就占了优势，这也成了开发商把中标人确定为中国建筑二局一公司的主要依据和对外说法。

这一年的投标经历，使我初步意识到在有计划的商品经济体制中，招标投标已经在确定承包商过程中发挥一定的作用了，而到了社会主义市场经济的今天，无疑

它将更加发挥优化市场资源配置的作用。这也是我后来进入招标代理机构从事招标工作的一个主要原因。

### （六）北京电力生产调度中心

1995 年春节后，中国建筑二局一公司承接到了列入北京市“9511”工程的北京电力生产调度中心基础工程施工任务。公司着眼点在于承揽其后续的结构工程和装修装饰工程施工，所以对整个工程施工组织特别重视，专门抽调了公司几位以施工管理为强项的人员成立了项目经理部，抽调我为项目副总工程师，总工程师则由分公司总工程师担任。这是我施工技术管理达到顶峰的一个项目，也是我所主张的，施工方在建设、设计、监理和施工“四方”中应充分发挥其施工技术领导才能的一个项目。



北京电力生产调度中心

到工地上才知道，我们几个均是在分公司受到排挤，但在施工管理上又都有一定长处，是“用之不愿，弃之又不舍”的人。我在分公司生产技术科任科长的一年，日益感觉这个职位对我来说太憋屈了。正好中国建筑工程总公司在推行“项目法”施工，公司几位领导想在这个项目管理模式上有些突破，就把这几个人抽调出来组建项目经理部，结果表明，几个人之间的配合是相当融洽的，这也是中国建筑二局一公司在北京完成的第一个“鲁班奖”工程。

几个人春节后就来到了工地。此时工程东面的拆迁工作还没有完成，工程施工手续也在办理过程中，只能进行开工前的一些准备工作，比如，配合建设单位进行临时 10Kv 配电柜的安装工作，我设计了该配电柜的基础以及施工临建用房，完成后交给工人施工。

1995 年 3 月，施工手续全部办妥，可以进行基础施工了。但这时因拆迁工作没有彻底完成，只要工地机械发出声响，附近居民就会出来阻止施工，这样几次，一直到 1995 年 5 月初，在宣武区警察的配合下，才开始基坑土方开挖作业。首层土开

挖结束后，确定完护坡桩位置，组织人工挖孔桩专业队施工。当时项目经理部只有支部书记、项目经理和我三个人，基础施工过程中特别辛苦，每三天就要轮着值一天夜班，第二天还要照常上班。应监理的要求，在施工总进度控制下，我编了护坡桩施工进度计划。该计划最后一天不差地得以实施。有一次，我坐着工人用来运土的小筐下到了几十米深的桩孔底，检查护壁和桩孔开挖质量，让监理人员惊讶，因为人工挖孔质量基本上是靠工人自己把握，技术人员一般不用下到孔内检查。这也为后来该工程施工，我在建设、设计、监理和施工“四方”” 中领导施工技术打下了基础。

土方开挖预计到 6 月下旬结束，为此需要准备工程结构施工计划，编写施工组织设计，开始进行结构施工准备。结构施工采用了两座塔吊，一座位于基坑内，在土方开挖过程中已经完成了其基础施工；还有一座位于东南角上，与基坑边线不远，需要尽快设计其基础，为此，我选择了井字型桩基础，经过土力学和桩结构计算，选择了桩径、长度、混凝土强度等级，设计了配筋，在基坑开挖结束前进行人工挖桩，完成了该塔吊基础的施工，为后来工程结构施工材料垂直运输打下了基础。

此外，还需要落实结构施工队劳务承包方案。项目经理与一位老工长谈了两天，没谈下来，工作停滞不前。他很着急，正好赶上我值夜班，我说，你让他晚上留下来，我再跟他谈一次。晚上，我把他喊到我的办公室，两个人一边喝茶，一边聊天，最后谈到了劳务承包问题。我让他看到大局。同时告诉他，他是我和项目经理两个人从其他工地挑选过来的。每个人一生中遇到这么大的项目可能性是不多的，这次是展现他个人能力的有利机会。如果工作再停滞不前，换成其他人来领导承包队，对他在公司内一生可能都会有影响，劝他回去要三思，不要为了几块钱的承包价格而失去了这次机会。第二天上班，看到他已经在坑底组织工人放线、准备后续施工了。项目经理很感慨，一再问我采用什么方法让他开始有积极性。

因基坑开挖出色，以及与建设单位在几个月的密切配合，中国建筑二局一公司在 1995 年 6 月土方开挖结束的同时，顺利承接了该工程结构及装饰装修施工任务。我这时升任总承包方总工程师，负责该工程总承包技术管理。该工程先后有 23 个分包单位参与了施工建设，我们自己则承担工程结构和初装修施工任务。框架柱、剪力墙模板采用的是竹胶板制作的定型大模板体系，楼板是竹胶板快拆模体系，其设计、绘图均由我个人完成。施工则按照东西两个施工段周转，所以地下室混凝土的施工质量相当好。

北京电力生产调度中心工程十二层以下是华北电力集团公司的办公楼层，集团公司领导特别关心工程进展情况，晚上散步经常会到工地里看一看。有一天，地下三层几根高 5m 的核心柱浇 C40 混凝土，为保证混凝土浇筑质量，不出现蜂窝麻

面的现象，我下到了地下三层，指挥工人浇筑混凝土。浇到一半时，一个工人下来喊我，说一位华北电力集团公司的领导在我办公室等我。我嘱咐工人几个注意事项后，赶紧回到办公室。一看，原来是集团公司副总经济师、筹建办公室的主任。他问我，为什么浇混凝土我还要亲自下到坑底指挥，让工人干就行了。我告诉他，建筑结构中的一些关键部位的质量是保证工程结构安全的关键，如这一次核心柱浇筑 C40 混凝土，这些关键部位必须督促施工，从而保证其质量。他对我的这种敬业精神深表认同，也由此加深了相互间的了解与信任。

施工到首层时，因模板多次周转，加之首层高度的变化，工人采用一些旧模板在高出部位拼接，刚度不够，结果造成了混凝土浇筑过程中出现胀模现象。拆模后只得指挥工人把胀出部分剔除。有了这次教训，不得不组织重新加工定型模板以保证施工质量。这样，工程从地上四层开始就采用新的大模板了。

地上结构施工到十四层时，北京市建设委员会组织工程质量大检查，抽签到了北京电力生产调度中心工程。为此，公司、分公司总工程师和负责生产的经理很着急，连续几天到工地督促现场清理卫生、整理技术资料，有的恨不得住在工地 24 小时看着工人清理。检查前一天，我问清楚了带队检查的组长姓名，给在建委工作的一位同学打了个电话，让他给带队的打个招呼。他问我工程质量有问题吗，我说没有，主要想让他们少检查一会，因为工地这几天为迎接检查组搞得人心惶惶的。第二天，几位公司领导前呼后拥着检查组来到工地会议室。刚落座，组长就问：“哪位是毛林繁？”我进到会议室后，他跟我说：“白子跟我说了，我也问了一下监督员，你这干得不错。我们不多耽搁时间，你选一层，我们看一看就行了。”我于是带着他们到十一层看了一下就结束了，让几位公司领导感到惊奇，不知道我与建委的人还有这样一层关系。

但由于项目经理部几个人均是分公司的排挤对象，分公司领导并不看好我们几个人。1996 年 7 月底，分公司组织安全生产检查，来到北京电力生产调度中心工程，查出民工夜晚在某个楼层上留下的一处粪便，于是开出对项目经理部领导班子成员罚款 200 元的罚单，这个月是工程进度和施工质量最好的一个月，一共完成了四层结构施工。辛苦就不用说了，没有得到奖励，换来的却是罚款，项目经理部几个班子成员都想不通。我实际上已于 1995 年下半年获得了北京大学和北京市高等教育自学考试委员会颁发的应用数学专业本科文凭和理学学士学位，也准备在中国建筑二局一公司长期干下去了。原以为可以由此得到公司的重用，但这一次分公司对我们几个人的处罚，使我再一次回到原来没有思考清楚的一个问题，就是在国有企业，是不是只要工作出色就可以得到好的评价，得到升迁机会？看来不是这样。我必须为自己的一生再作出抉择。也正是由于这个原因，使我下决心从 1996 年 9 月份开

始准备研究生的入学考试。虽如此，我一直本着“*一件事既然干，就一定要尽 100% 的努力干好*”的原则，所以在工地上仍尽心做好、指挥好每项工作，以维护好公司的利益。只不过晚上回到家，利用业余时间复习功课，准备研究生入学考试。

1996 年 9 月底工程主体结构施工完，我们开始组织围护结构砌筑工作。这一年 11 月下旬，建设单位开始选择装饰公司，筹建处主任让我跟他去南京考察装饰公司。因筹建处主任对考察路线保密，我们几个随从人员都不了解考察路线，都以为南京考察完就能回到北京，结果闹了笑话。当时 11 月下旬的北京已经很冷了，走的时候我穿了两件毛衣，外加一件外套，结果到了南京就感觉热了，于是脱了一件毛衣，等到了上海，感觉实在太热，只好利用晚上去上海百货公司买了一件长袖体恤。谁知下一站是海南，到海口还能对付，可等到了三亚，白天最高温度 $31^oC$，上海买的衣服也不行了，只好又买了一件面料薄一点的体恤，这样才算勉强跟随筹建处主任完成了考察。同去考查的几个人后来一直把我这件事当成笑谈，说我穿着冬天的衣服跑到了三亚，结果一路走一路买衣服。也正是这一次经历，使我对“*考察*”、“*调研*”等术语有了新的理解，也知道了“*公款旅游*”、“*公款消费*”到底是怎样一回事。



南京中山陵留影



海南兴隆度假村留影

我这时在建设、设计、监理和施工“*四方*”中有着较高的威望，每周一次的“*四方*”生产调度会议就是由我主持召开的。开完会后，由我根据记录整理，然后交付打印，再分发给参会单位实施。监理公司派到工地上的几位监理工程师办公就在我隔壁办公室，他们实际上也成了我在工程质量管理的有力助手。检查出施工问题，往往先听取我的意见，再按我的意见去处理。1996 年冬天，我们开始组织该工程西北角上地下变电站施工。一天，一位监理工程师告诉我，有一面墙的钢筋整体发生了几厘米的移位，怀疑是模板刚度不够，而工人仅是草率处理了一下就开始支模板，准备浇筑上部混凝土。他让我去看一下，出个处理意见让工人处理好就可以了。听完他的话，我赶紧下到基坑察看，果真如他所说。我把当班的工长喊到办公室狠狠批评了一顿，让他赶紧组织工人把模板拆下来。随后，经过钢结构计算后，我画了一

份示意图，让他们在移位的位置加焊 12cm 厚的钢板，同时规定了焊缝长度。处理完后，我亲自组织了检查，确认没有问题后，告诉监理工程师去看一看。他说："不用了，我相信你。" 监理工程师中有一位 60 多岁的老工程师叫魏振东，一段时间与总监关系不太好，因为他对一些问题太认真了，但他跟我的关系很好。有一天，他告诉我要离开工地，准备回家养老了。我问清了原因，然后问他愿意不愿意去中咨建设监理公司一个工地当监理，此前该公司一位项目总监来工地找过我，希望我跟他一起干监理，但我这时的心思在于考研究生、离开工地，所以没答应他。这位老工程师听我说后，满口答应去试一试。几天后，我带着他来到了中咨建设监理公司，给他作了引荐，并去了一个工程任副总监。这个工程就是中国法学会科研业务楼，当时还处在工程前期准备，现场拆迁和施工图还没有完成。他后来也成了我在北方交通大学攻读博士学位期间，在中国法学会基建办公室任总工程师的先期铺垫。



北京电力生产调度中心外幕墙边留影

装饰施工期间，建设单位直接指定了空调加工及安装单位。仗着与建设单位的关系，这家公司不听从总承包单位的统一管理，一直我行我素。生产调度跟我汇报后，我告诉他不用着急。一天，我在工程内检查施工情况，走到首层时，工长告诉我这家公司在首层楼板上新开了一个 $1m \times 1.8m$ 的洞，我问工长，我们是不是没按图纸给他预留管道洞口，他说留了，位置和尺寸按图纸预留的，没问题。他带着我看了一下这家公司新开的管道洞口，钢筋切断了不少。正好这一天由我组织"四方"生产调度会议，结构设计负责人来到工地后，让我陪她上工作面看一看施工情况。走到首层时，我特地带她到空调安装公司新开的洞口处看了一下，并告诉她我们按设计预留的孔洞在什么地方，安装单位加宽了多少，割断了多少根楼板钢筋等。她很着急，问我为什么不制止他们施工。我告诉她，这家公司是建设单位指定的，牛气，根本就不服从总包单位的管理。生产调度会上，这位结构工程师很不客气地批评这家空调安装公司，说这家公司"跟谁也不打招呼，在楼板上开了那么大一个洞，切断了那么多钢筋，至少需要跟设计打个招呼，服从总包的统一管理。这不乱套了吗！我是没有办法保证那块楼板的结构安全了，让他们自己想办法吧！"听到结构设计负责人这样的话，总监理工程师在会上直接下达了空调工程停工 15 天，同时要求这

家公司写出深刻检查的监理令。受到处罚后，这家公司多方托人打听，才知道是因为不服总包单位管理所致。这以后，这家公司再也不敢不按总承包指令行事了。

1997 年秋天，建设单位直接指定了工程上的装饰门、防火门由杭州某防火门厂加工，同时要求各装饰公司与该厂按照指定的平米价格签订供货合同。签完合同后，这家防火门厂与各装饰公司的配合一直不是很好，好几家装饰公司跑来向我告状，我进行调解后，有一点改观但效果仍不理想。这年冬天，为保证冬季施工，建设单位组织热力公司提前供暖，楼内温度近 $30^oC$。第二年开春，冬天安装的一些门开始有些变形。让这家防火门厂到工地处理，这家防火门厂说是冬天供暖，室内温度太高所致，不是厂里加工的问题，不愿意处理。我只好组织各装饰公司进行修理。有一樘门变形实在太大，无法修理，工长就让人把门上的面板去掉，结果发现门芯加工采用的是带着树皮的板材，于是就让工人抬到我的办公室。我看后十分生气，拿出一张纸立刻写下一道指令，通知所有装饰公司，在问题处理完之前，没有我的指令不准向这家防火门厂支付费用。这下这家防火门厂着急了，来人找我疏通关系。我说，你先拿出方案，把此前供应的所有门换下来，同时新加工的门满足国家标准后，我才能下达付费指令。这家防火门厂只得同意将所有门换下来，同时在厂内加强材料质量管理。半个月后，这家防火门厂通过建设单位，邀请监理、总包单位一起到杭州检查门的加工质量，确认加工工艺合格后，我才陆续签出同意向其支付费用的指令。

该工程于 1998 年 7 月竣工，先后组织了建设、设计、监理和施工“四方”验收和北京市质量监督总站的核验，均一次验收合格，质量等级评定为优良，为后来该工程评为“鲁班奖”项目打下了基础。这年 9 月份，我考取了北方交通大学交通运输学院的博士研究生，于是开始了一边攻读学位, 一边打工的准备。

## 四、中国法学会基本建设管理

中国法学会科研业务楼工程于 1997 年立项，该学会领导先后到北京电力生产调度中心工程考察过两次，与我也逐渐熟悉，并两次邀请我参加了该工程的设计方案论证会，我的那种“率直求真”的态度，给中国法学会领导留下较深影响，他们不懂工程建设，希望找一位懂工程建设的工程师。正好此前我推荐到中咨建设监理公司的魏振东老工程师作为监理代表，为这个工程前期准备作了不少工作，在中国法学会基建办公室有较好的影响。他们商量后一致同意聘请我为中国法学会基建办公室的总工程师。这时我已经知道考上了北方交通大学的博士，只不过正式录取通知书还没有发下来。所以，我实际上是在 1998 年秋天就开始为中国法学会科研业务楼的建设做工作，只不过当时工程还处在对施工单位考察、招标投标阶段，不用我天天

去工地。

1998 年 12 月，我拿到了北方交通大学博士研究生的入学通知书。但当我拿着入学通知书去公司人事科盖章时，他们给扣下了，说是要几位领导研究一下才能决定盖不盖章。我很着急，心想实在不行就辞职。几天后，公司人事科通知我去办手续，让我先签一个《职工自费脱产学习协议书》后才能盖章。协议上面注明了公司不承担我攻读博士学位的任何费用，同时没有任何生活费或生活补贴。由于几年来我一心想去攻读博士学位，我毫不犹豫地在协议书上签下了自己的名字。几年后，当我拿到博士学位时，很多人说起这件事，都说中国建筑二局一公司没有眼力，不愿意留住人才，因为在当时，即便是下岗工人也有基本生活费，这也是造成我在招标代理公司工作期间，不接待任何中国建筑二局一公司经理、副经理的主要原因。

攻读博士学位的第一年基础课多，好在我不用天天去中国法学会工地，一般一周去个两次，把问题解决了就行，这使得我可以顺利完成博士研究生第一年的课程学习。后来，即 2004 年，中国法学会的一些领导想在原工程基础上引入资金，再增建四层，让我帮着进行决策。调出所有技术资料，我发现当时设计变更、验收记录等均是我代表建设单位签的字。

我到工地上时，一般先上工作面检查一下进展和质量，然后向监理公司和施工单位分别交待一些注意事项，再与基建办公室的同志商量一下后续事情就可了，工作不算紧张。该工程基础按六层设计，但一期仅建设地上四层，后两层是为二次续建做准备的。顶层楼板浇筑混凝土时，设计、施工均没有考虑顶层柱子主筋抗震封闭问题，质量监督站的同志发现后，要求工地停工整改。为此，我按照一般工程停缓建对柱子的保护方法，出具了一份整改方案，由设计、施工签字后执行。

该工程装饰施工前，基建办公室主任与我一起确定了装饰工程中的几件事，然后给法学会会长打了一个报告，请求会长尽快定下来，以便工程进入装饰施工。不几天，会长就批示下来了。基建办公室主任高兴地跟我说，以往给会长报告事项，报三件事能有一件得到认可就不错了，这一次一共上报了 8 件事，只不过在开头写了一句"与毛林繁工程师商定了以下事项"这样一句话，结果会长就全部批准了。他说"会长很尊重你的意见"。为强调法律庄重性和严肃性，学会会长提出首层大厅地面和墙面饰面全部采用黑色花岗岩。基建办公室主任和学会其他几位同志向会长进言，得到的答复是"你们不懂"，于是再没人敢进言了。基建办公室主任建议我以专家身份，跟会长建议一下。几天后的一个下午，会长到工地检查工作，我一边陪会长看工地，一边与他交谈。我问他是否看过影片"真实的谎言"，他说看过。我说"里面有一个镜头，就是两个特工进入一个士兵持枪把守的房间，地面上写着美国国防部几个大字，那间屋子就是采用黑颜色装饰的地面和墙面。"我接着告诉他，建筑室

内装饰全部采用黑颜色时很谨慎，一般用于私密性高、特别严肃的地方，因为会给人带来压抑的感觉，而法学会作为一个学术性组织，在装饰风格上，更多地，要让人感到亲切。会长听明白了我的意思，走时向基建办公室主任交待说："首层大厅的装修风格，你和专家讨论后定把，我不坚持了。"

正因为我这段时间的工作在国务院机关事务管理局内有一定名声，才使得我后来打工的那家招标代理公司顺利承接了一座办公楼建设项目管理，因为那个项目的建设单位向国管局了解后，提出了"让毛林繁来负责这个项目管理"的条件。

## 五、招标代理生涯

中国法学会科研业务楼工程于 1999 年底竣工，随后又改造了南边一栋原有的二层小楼。2000 年 5 月的一天，偶然听基建办一位副主任说起了国家计委新成立了一家招标公司，于是托她介绍我去这家招标公司工作。她说我可以一直留在法学会工作，说我的工作关系已经转到中国法学会办公室。我告诉他，我不喜欢呆在一个地方无事可做，因为科研业务楼已经竣工。通过她的引荐，在与该公司总经理介绍了我的经历后，顺利来到了这家公司任项目经理，当时这家公司还在北京金融街通泰大厦办公，总部的员工也不过三十多人。

我这时攻读博士学位进入了第二年，已经进入专业课学习，每周仅周五下午参加导师组织的一个讨论班就可以了，剩下的就是自己学习导师及国外一些学者的几本英文专著、查阅参考文献，为完成毕业论文做准备，这也使得我有足够时间在这家招标公司从事代理业务了。

招标代理是一种政策性很强的民事代理行为，其规章、地方性法规和规范性文件特别多，据说有国内最庞大的一套法律体系。为此，对项目经理法律法规和政策水平有着较高的要求。我刚到这家招标公司时，公司总经理送了我一套《中华人民共和国招标投标法全书》，我学习了它的主要内容，以及 2000 年国家计委颁布一些部令及联合部门规章。由于此前从事过十多年的施工管理，同时又参与过投标，所以掌握招标投标的法规对我来说不是一件难事。我个人则更是结合组织招标代理工作，通过实践，对有关条款的内涵和外延多次进行反思、对比和分析，以加深掌握。这也是我近些年可以深入浅出地讲解招标投标法律法规的一个主要原因。而多年的工程管理实践，也使得我来公司一个月就在工程招标方面崭露了头角，并代表招标人参与一些工程招标项目的评标活动。

2001 年，公司承接了某部委办公楼工程，安排我负责该工程招标。因这个部委的特殊地位，几位公司领导一再嘱咐我要不遗余力地把这个项目做好。为此，一个多月的时间里，我常需要向该部委办公楼建设管理办公室有关领导汇报，与他们的

工作人员讨论招标文件的主要条款。一次，该部办公楼建设管理办公室主任问我，工程施工招标时，能不能对现进行基坑施工的单位照顾一下，比如在评分办法中给他加 2 分，因为部领导来工地检查表彰了基坑施工单位。我说，只要他提出来给这个单位加分，估计别人不会反对，但违反了法律中的“公平”原则，如果有投标人投诉，会造成招标失败。听我这样说，他认为有道理，于是改变了他想在招标文件中为这个单位加分的要求。

一天上午，我拿着该部邀请 8 个施工企业投标的函件和招标文件在行政监督机构办理了备案，刚回到办公室，该部办公楼建设管理办公室的同志来电话，说他们刚刚收到国家安全部的一份安审文件，对他们邀请投标的 8 个施工单位进行了安全审查，其中有 3 个单位安全审查不合格，需要从新办理备案手续。这天下午，我让办公楼建设管理办公室一位副主任拿着安全部这份文件的复印件，跟我一起去行政监督机构办理备案。快走到大门口时，我突然想起安全部这份文件上有一段话似乎不妥，因为它除了说三个单位安审不合格外，对另一个单位大加赞美之词，这不是安审文件应该做的，如果流传出去会造成不良影响。我问这位副主任，机关里有没有机密章，最好能在这份复印件上加盖机密章。他回到办公室加盖机密章后我们一起去行政监督部门办备案手续，将这份加盖“机密”二字的文件向负责备案的人员出示了一下就收回来了。该部办公楼施工招标结束两个月后的一天，办公楼建设管理办公室主任请我吃饭，正好安全部起草这份文件的处长也在场，我向他提及此事，他一再对我表示感谢，认为我的谨慎弥补了他们工作的疏忽。

该工程评标时，办公楼建设管理办公室主任受部长的委托，在评标前向评标委员会成员介绍了 5 个投标单位的基本情况，并希望在同等条件下，工程能由某施工企业施工。他讲完话后，我赶紧进行了更正，并告诉评标委员会，他的话不能作为评标的依据，需按招标文件中的评标标准和方法对投标文件进行评审和比较。这次评标，施工组织设计采用的是暗标，即其中不出现投标人名称，封面上投标人的名称也已经用纸封上了，采用不同编号标识投标人，让评标委员会进行评审和比较。有一位专家完成了评审后，主动将他的评审结果让我看一看。并问我，他这里排名第一的 3 号投标是不是建设单位想要的，我说是的。这位专家随后便将评审表交给了工作人员。这一直是我所提倡的，就是招标人希望其中标的投标人，必须是经评标委员会一次评审最优的投标人。

招标代理受招标人委托，多站在委托人的角度思考问题，替委托人着想是天经地义的事，但这并不意味着可以没有原则的做任何事，而这当中，依法履行委托代理职责实际上是保护委托人利益的最佳途径。许多时候，委托人提出一些违法违规的要求让代理人实施，常常是因为他们不知道后果的严重性。这时，只要讲清楚，大

多数委托人都不会坚持己见。北京某制衣厂加工车间工程施工招标，招标人确定中标人后与中标人进行商议，要求中标人把土方开挖、防水工程等项目转由招标人另行发包，中标人不同意。最后，在招标人提出在中标价基础上增加 100 万元的条件下，中标人同意了招标人的要求，写下了补充协议由双方签字盖章。我到该厂办理招标后续事情时，厂长把双方签订的补充协议给我看，我立刻意识到了问题的严重性。我告诉他这种行为违法，说“即便在履行合同过程中不会出现问题，但万一哪一天你升职或是离任，一定会有离任审计。那时审计人员会发现你在加工车间项目上多支付了中标人 100 万，会让审计人员提出疑问，会直接怀疑你在这个项目受贿。”厂长听后也感到了问题的严重性，问我怎么办。我说：“把所有发出去的补充协议全部收回来销毁，那几个项目让中标人去分包，你指定的单位可以参与竞争。”厂长最后采纳了我的建议，我们也由此加深了彼此信任。

招标代理过程中，依法操作、依法办理招标文件备案是获得行政监督部门信任，进而缩短备案时间、保证招标进程的唯一途径。一次，在完成了一所学校扩建工程监理招标后，行政监督部门的主任跟我说：“我还以为你会找我办理提前开标手续呢，结果是发放招标文件 20 天以后才开标。”他又告诉我，当地工程监理招标，一般 10 天左右就通过关系申请开标，他们还不得不批准。通过这次工程监理招标，他对我有着格外好感，认为我是一个依法办事的人。后来该工程施工招标，公布评标结果后，一些没中标的投标人围着我，不让我走，要让我解释清他们没列为中标候选人的原因。我解释说评标委员会没有推荐他们为中标候选人，这些人不干，怀疑有人在操作这次评标活动。于是，在行政监督部门的办公室外围着，不让我回到住处，正是这位主任帮我解了围。他及时给当地派出所打电话，派警察制止了这些人的闹事行为。

有一次，一个政府投资项目招标，地方行政监督部门一位领导接到上级授意，想告诉某投标人评标专家名单，给我打电话。我这时已经是公司副总工程师、专家办公室主任。我心想，评标专家是在行政监督部门组建的专家库中抽取的，要告诉也是他们直接告诉投标人就可以了，为什么还要绕道找我，就直接问他。他告诉我，他们那里抽出的评标专家，在评标开始 30 分钟以前是无法知道的，提前打开后台，这一次抽取的专家就作废了，因为专家抽取系统防止任何人提前知道评标专家名单。他建议说：“你打个申请报告，要求专家从你们公司评标专家库中抽取，我审批一下，我们就知道专家名单了。”我说：“可以的！不过由于是你审批的，你为这件事要承担主要责任。事后如果有人投诉，特别是在你离任时一定会有审计，那时别人会说你在违法操作这个项目，因为国家发改委 29 号令明文规定，政府投资项目的评标专家只能来源于政府有关部门的评标专家库。这样做会给你从政带来一定的风

险。”这位领导听后对我说“谢谢！老毛，我明白了”。该项目评标后，这个投标人并没有中标，表明这位领导并没有向这个投标人透露评标专家名单。这位领导离任的前一天，我到他的办公室去看他，同时祝贺他安全离任，因为曾有好几个人在他这个位置上出事。

这些年，我一直喜欢告诫一些从事招标代理业务的朋友，“打铁还需自身硬”，熟知招标投标法律法规、提高自身业务素质、恪守职业道德是做好招标代理业务的首要条件。一些从业人员因自身素质不硬，总认为只要是招标人的要求就一定要体现在招标文件中，总认为只要是行政监督人员提出的条件就一定要遵守。这种盲从有害于招标代理事业的发展，也助长了外界那种“招标代理是腐败温床”的论调。殊不知，这当中的一个重要环节就是对这些要求、条件是否合法先行判断，进而才能决定是否采纳他们的要求或条件，这是每个从业者需要牢记的。

## 六、招投标行业培训教师

2002 年底，我获得了北方交通大学工学博士学位，并得到了在中国科学院从事博士后研究的机会。好在博士后研究在时间上我可以自己做主，所以研究之余仍在国家计委这家招标公司工作。我这时已经从业务部门调到了专家办公室任副主任，开始从事招标投标政策研究，指导项目经理规范操作业务等工作。2003 年 1 月，我为公司项目经理作了“工程施工招标讲座”，这是我第一次为从业人员进行的职业培训，虽然经验不足，但此后这家公司每年的业务培训，都是由我和专家办公室其他几位同志承担的，我主讲“工程施工招标技巧与案例分析”一门课。这份讲义后来经进一步整理在美国一家出版社出版，成了该公司业务培训教材，这就是《中国工程建设施工招标技巧与案例分析》那本书。

2004 年夏天，建设部市场司的一位处长给公司总工程师打电话，说建设部一家培训机构在京举办一个招标投标业务研讨会，希望能找个人专门讲《招标投标法》。公司几位领导都很忙，于是安排我去讲 2 个小时课。这是我第一次为招标投标行业讲授法律课。讲义准备了好几天，并对法律中有关需要注意的事项进行了标注。如果站在今天的角度看待那次讲课，我个人感觉那次授课实际上很肤浅，不过把条款内容稍加阐述而已，但却得到了与会者的热烈鼓掌。这也说明了当时《招标投标法》宣贯工作还仅是停留在一些法律规定的学习。

这次招标投标研讨会以后，许多从事这方面培训的同志也知道了我，并邀请我为一些业务培训班授课，我这时采用的，是我为招标公司项目经理业务培训编写的教材，即《中国工程建设施工招标技巧与案例分析》，一般结合招标投标法律法规和工程设计、监理、施工和货物采购讲授 1-1.5 天时间。

2005 年，国家发展改革委为规范工程招标投标行为，组织编写中国的 FIDIC 体系文件，即 2007 年颁布的《中华人民共和国标准施工招标资格预审文件》和《中华人民共和国标准施工招标文件》。他们找了几个人先行编写了一份初稿，然后组织一些业内专家讨论。我在那次会上提了较多的修改建议，使我后来直接参与了这两份文件的编写工作，成了这两份文件及其使用指南的主要编写专家。2007 年两份文件经国家 9 个部委联合发文颁布。我这时突然意识到，把我对招标投标法律法规的理解和实战经验教给从业人员，对于整个招标投标行业的发展无疑会起到规范和促进作用。于是，我在 2007 年底辞去了招标公司的工作，与中国招标投标协会联系，并于 2008 年新年伊始正式成为该协会一名工作人员。

2008 年初，国家发展改革委筹划这两份标准文件的宣贯会议，找了几位编制专家分工试讲，我与另外一位同志负责资格预审文件的宣讲。试讲过程中，发现与我一起负责资格预审文件的那位同志讲得很好，而他们安排讲解“投标人须知”、“评标办法”两章的同志稍差一些。我建议他们这两章换个人讲，以免达不到宣贯目的。国家发展改革委的同志也认为“投标人须知”讲得不好。他们建议这一章由我来讲，而这正是我的长处，因为“投标人须知”实际上是法律结合工程施工特点的一套招标投标程序性规定。我结合法律规定，对“投标人须知”的条文内容，结合一些实际案例进行了深入浅出的讲解，受到了与会者的普遍欢迎。

正是这一次讲座，使我的名声在国内招标投标行业得到了极大提高。宁波市公共资源交易工作管委会也想举办一次标准文件培训班，向参加宣贯会议的宁波市发展改革委的几位同志征询意见，结果众口一词地建议“请毛博士讲”，他们认为我的讲座比较符合听众口味。应他们的要求，我为培训班讲解了资格预审文件、招标文件。下课后，一些同志还一再追问宁波市交管办的同志，问他们从哪里找来的老师，“他对招标投标工作太熟悉了”，并一再表示讲课内容对他们的工作很有启发。这一年我在国内一共作了近 60 场讲座，听众达到了数万人。

2009 年初，海军一个单位也希望为其从事工程管理的人组织一次为期两天的招标培训，重点是《建设工程工程量清单计价规范》(2008 版) 和《中华人民共和国标准施工招标文件》(2007 年版)。第一天由沈阳建筑大学的一位教授讲解了《建设工程工程量清单计价规范》(2008 版)，其中涉及了招标、计价和合同管理内容。几位首长担心讲课内容重复，于是派负责组织培训的两位团长与我商量。我让他们把学习笔记给我看了一下，告诉他们不会重复，两位团长半信半疑。第二天讲完课，其中一位团长对我说：“看你发过来的讲义，我还真担心你们两个老师讲课内容重复。结果上午你一开讲，就发现你的讲课内容不可能与他重复，因为你更多讲的是实践操作和案例分析。”有了这一次经验，我在后来讲课时，都会事先告诉学员，我的讲

义不过是个提纲，用于提醒自己讲课内容和需要举的案例，因为真正的讲课内容是装在我脑子里的。

我个人始终把数学研究作为个人的志向，而把从事工程管理作为辅助手段，看作是从事数学研究的经济支柱，不想却在两个领域同时获得了丰收。这当中“诚信做人、本分做事”是根本，而不时否定成绩，及时调整个人的人生轨迹向更高目标迈进，则是我能够从一个建筑工人发展到如今，进而实现人生价值的途径和方法。

孔子在七十多岁时总结自己一生时说：“吾十有五而有志于学，三十而立，四十而不惑，五十而知天命，六十而耳顺，七十而从心所欲，不逾矩。”我想，这实际上是我们每个人，特别是有志向的人的人生写照。同时，这也是我们每个人的成长规律，需要引起青少年及其教育者的重视，因为青年是国家的未来与希望。

# 理论物理引发的二十一世纪数学

—*Smarandche*重空间理论 *

毛林繁

(中国科学院数学与系统科学研究院，北京 100190)

**摘要**. 从上个世纪二十年代开始，理论物理学家一直致力于建立物理学的一种大统一理论，即*Theory of everything*。这种祈求在几代物理学家的努力下，于上个世纪末初见成效，这就是理论物理中弦理论及 M- 理论的创立。物理学家同时意识到，建立这种大统一理论的难点在于数学家没有建立与此相对应的数学理论，用他们的话说，就是二十一世纪的物理学已经建立起来了，但制约其研究与发展的颈瓶在于数学家还没有建立起二十一世纪的数学理论。实际上，物理学家可能不清楚，在弦理论与 M- 理论建立的同时，数学家也建立了一种可以称之为二十一世纪数学的理论，这就是*Smarandache*重空间理论，其应用的对象正是理论物理学家所祈求的，当然，作为一种数学理论，其覆盖面远较理论物理的需求要广泛得多。本文的主要目的在于系统地介绍这一理论的产生背景、研究的主要问题、思想、主要方法以及主要研究成果等, 从中可以看出组合数学思想在其创立过程中起到的推动作用。本文主要取材于作者新近在美国出版的一本专著 [16] 中的部分材料。

## The Mathematics of 21st Century Aroused by Theoretical Physics

**Abstract.** Begin with 20s in last century, physicists devote their works to establish a unified field theory for physics, i.e., the *Theory of Everything*. The

---

[1]曾在全国第二届组合数学与图论学术交流会 (2006 年 8 月, 天津, 南开大学) 和四川省万源市中学报告 (2006 年 3 月)。

[2]e-print: 中国科技论文在线, 200607-91

aim is near in 1980s while the String/M-theory has been established. They also realize the bottleneck for developing the String/M-theory is there are no applicable mathematical theory for their research works. “*the Problem is that 21st-century mathematics has not been invented yet*”, They said. In fact, mathematician has established a new theory, i.e., the *Smarandache* multi-space theory applicable for their needing while the the String/M-theory was established. The purpose of this paper is to survey its historical background, main thoughts, research problems, approaches and some results based on the monograph [16] of mine. We can find the central role of combinatorial speculation in this process.

**关健词**：宇宙大爆炸理论，M- 理论，重空间，地图几何，*Smarandache*几何，伪度量空间几何，*Finsler*几何。

**分类号 AMS(2000)**: 03C05, 05C15, 51D20,51H20, 51P05, 83C05,83E50

## §1. 宇宙暴涨模型提出的数学问题

### 1.1. 物理时空

静态空间采用长、宽、高描写，记：长 $= x$, 宽 $= y$，高 $= z$，则一个静态空间可以用三个参数进行描写，即坐标 $(x, y, z)$；动态空间采用长、宽、高、时间描写，如果记时间变量为 $t$，则一个动态空间可以采用坐标 $(x, y, z, t)$ 描写。静态空间及其变化见图 1.1。将时间看作一个变化数轴，则人类在某一个时刻看到的宇宙形态实际上是整个宇宙的一个截面 (section)。

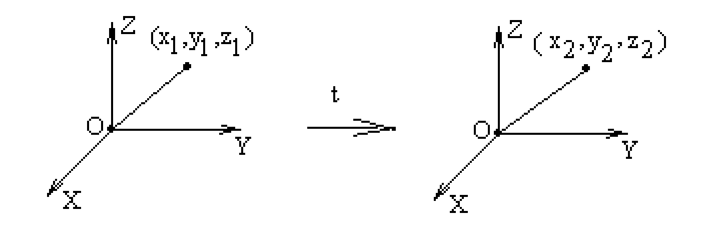



图 1.1. 坐标系的时间变化

人类的生产生活实践表明，人类生活的宇宙空间与上面动态空间是一致的，即人类生活的空间是 3 维的，如果加上时间变量，则是 4 维的, 这就是 Einstein 的时空观。

## 1.2. 宇宙创生的大爆炸理论

依据人类数千年的观察，特别是 Einstein 的引力场方程，物理学家建立了宇宙的大爆炸理论，这种理论认为，宇宙起源于一个近似于真空状态的均匀球状空间，这个空间具有真空能。外界条件的变化，使这个均匀的、有能量的球空间发生了爆炸、合成基本粒子、释放能量，高温高能量状态下，基本粒子合成了最初几种简单物质，在经过近 137 亿年的演化形成了今天的浩瀚宇宙。

依据 Hawking 的观点，爆炸产生过程类似于水中气泡运动的结果 ([6] – [7])，如图 1.2 所示

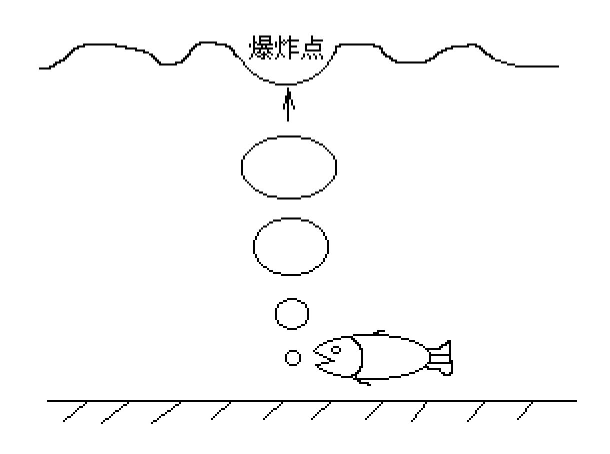



图 1.2. 水中气泡的运动

图 1.3 中，详细描述了宇宙由大爆炸开始的演化与膨胀，直至产生今天人类观测得到的宇宙过程。

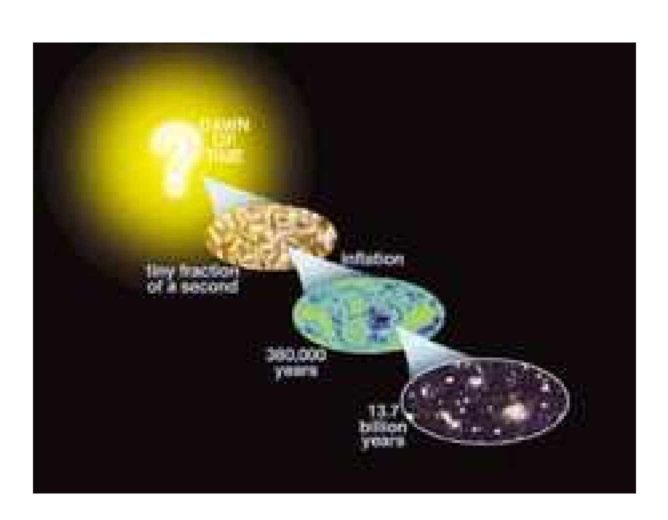



图 1.3. 宇宙大爆炸的过程

依据大爆炸理论的计算结果，宇宙诞生以后的演化过程大致如下：

**起点** —宇宙大爆炸开始于一个真空球空间，一个约 137 亿年前爆炸的“原始火球”，它的起始时间为 0。它有无限高的温度和无限大的密度。目前还不能用已知的数学和物理的规律说明当时的情况。时间从此爆炸开始，空间也从此急剧膨胀扩大。

**普郎克时代** —时间 $10^{-43}$ 秒，密度是 $10^{93}kg/m^3$，温度降到 $10^{32}$K。这时的宇宙均匀而且对称，只有时间、空间和真空场。

**大统一时代** —时间 $10^{-35}$ 秒，温度降到 $10^{28}$K，宇宙发生了数次暴涨，其直径在 $10^{-32}$ 秒的时间内增大了 $10^{50}$ 倍。暴涨引起了数目惊人的粒子产生，这时虽然引力已从统一的力分离出来，但由于能量过高，强力、弱力和电磁力都还未分开，产生的粒子也没有区分。这一时期重子数不守恒的过程大量进行，造成重子略多于反重子，其后温度降低，等数目的重子和反重子相遇湮灭，就留下了只有中子和质子而几乎看不到反重子的不对称的现时的宇宙。

**强子时代** —时间 $10^{-6}$ 秒，温度为 $10^{14}$K；

**轻子时代** —时间 $10^{-2}$ 秒，温度为 $10^{12}$K；这期间，强作用、弱作用和电磁作用逐渐区分开。宇宙中出现了各种粒子，由于温度很高 ($10^{10}$K 以上)，粒子的生存时间都是极短的，它们通过相互碰撞而相互转化，原子这时还没出现。

**辐射时代** —时间 $1-10$ 秒，温度降至约 $10^{10}-5\times10^{9}$K，质子和反质子、电子和正电子相遇时湮灭，产生了大量的光子、中微子以及反中微子，基本粒子开始结合成原子核，能量以光子辐射的形式出现 (人们探索微观世界和宇宙结构的努力在这里会合)。

**氦形成时代** —时间 3 分钟，温度降至约 $10^{9}$K，直径膨胀到约 1 光年大小，有近三成物质合成为氦，核反应消失；半小时后，有质量的粒子数和光子数的比约达到了 $10^{-9}$，辐射密度仍然大于物质密度。

**粒子数丰度稳定时代** —半小时后，温度降低到 $10^{8}$K，各种粒子在相互碰撞中因能量不足已不能相互转化 (少量的湮灭除外)，从这时起, 宇宙中各种粒子数的丰度就趋于稳定。由于这时温度仍然很高，光子有足够的能量击碎任何短暂形成的原子，把后者的电子剥去，所以当时没有可能出现原子。

**进入物质时代** —时间 $1000-2000$ 年，温度降至约 $10^{5}$K，物质密度开始大于辐射密度。由于宇宙的膨胀，光子到达任何一点（例如一个刚刚形成的原子）时都将因退行引起的多普勒效应而使其波长增大而能量减小，由于退行速度随宇宙的膨胀而逐渐增大，这些光子的波长也就不断增大而能量不断减小。

**物质从背景辐射中透明出来** —时间 $10^{5}$ 年，温度降至约 5000K，物质温度开始

低于辐射温度，最重和最轻的基本粒子数的比值保持恒定。大约经过一百万年，由爆炸初期产生的光子的能量就降到了不足以击碎原子甚至激发原子的程度，宇宙这时就进入了光子和原子相互分离的退耦时代，即宇宙变成了透明的，温度大约降为 3000K。从这时开始，原子开始形成，但也只能产生较轻的元素。至于较重的元素，那是在星系、恒星形成后，在恒星内部形成的，恒星形成后，各恒星内部产生了各自不同的温度。超过铁的更重元素则是在超新星爆发或星系的碰撞、爆发中形成的。

**星系形成** —时间 $10^8$ 年，辐射温度降至约 100K，物质温度为 1K。

**类星体、恒星、行星及生命先后出现**——时间 $10^9$ 年，温度降至约 12K，太空逐渐形成我们后来观测到的情景。

**目前阶段** —时间 $10^{10}$ 年，辐射温度降至约 3K，星系物质温度约 $10^5$K。

### 1.3. 宇宙大爆炸理论引出的数学问题

理论物理与实验物理研究表明物质由三种物质粒子，即电子 e、上夸克 u 和下夸克 d 构成。二十世纪初出现了两种描述粒子之间相互作用的理论，这就是 Einstein 的相对论和 Dirac 的量子力学。相对论是描述引力的理论，一般用于研究宇宙物理学；而量子力学是关于微观粒子作用力的理论，包括电磁力、强核磁力、弱核磁力。这四种作用力构成了粒子之间相互作用的基本作用力。

从上个世纪二十年代开始，许多物理学家，包括 Einstein 本人一直致力于统一这四种基本作用力，即统一相对论和量子力学，建立物理学的大统一理论，即文献中经常出现的*Theory of Everything*。经过 80 多年的研究，问题一直没有得到圆满解决。问题的难点在于广义相对论是关于宏观宇宙的理论，如银河系、太阳系、黑洞等，其假设物质是连续分布的；而量子力学是关于微观宇宙的理论，如电子、质子、中子等，其假设物质是离散分布的。而且伴随着深入研究，带来了人类认识领域的一些新问题，比如

> 宇宙是唯一的吗？如果不唯一，有多少个宇宙？为什么人类看不到其他宇宙？人类生活其中的宇宙的维数等于多少？真的如人类通常认为的 3 维吗？

Einstein 依据其提出的广义相对性原理：所有物理规律在任意参考系中具有相同的形式和等效原理：在一个较小的区域内惯性力和引力的任何物理效应是不可区分的建立了引力场方程，即

$$R_{\mu\nu}-\frac{1}{2}Rg_{\mu\nu}+\lambda g_{\mu\nu}=-8\pi GT_{\mu\nu}.$$

结合宇宙学原理，即度量尺度为 $10^4l.y$ 时，宇宙中任何一点和一个点的任何方向均

无差别，*Robertson-Walker*得到了引力场方程的一种球对称解

$$ds^2 = -c^2dt^2 + a^2(t)[\frac{dr^2}{1-Kr^2} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2)].$$

相应的宇宙称为 Friedmann 宇宙。经过多年的天文观察，Hubble 在 1929 发现，人类居住的宇宙是一个日益加速膨胀的宇宙，故探求引力场方程的加速膨胀解成了物理学家的主要方向，即其需满足条件

$$\frac{da}{dt} \ > \ 0, \quad \frac{d^2a}{dt^2} \ > \ 0.$$

我们知道，若

$$a(t) = t^{\mu}, \qquad b(t) = t\nu,$$

这里，

$$\mu = \frac{3 \pm \sqrt{3m(m+2)}}{3(m+3)}, \nu = \frac{3 \mp \sqrt{3m(m+2)}}{3(m+3)},$$

则 Kasner 度规

$$ds^2 = -dt^2 + a(t)^2 d^2_{\mathbf{R}^3} + b(t)^2 ds^2(T^m)$$

为 Einstein 场方程的 $4+m$ 维真空解。一般情况下，这个解并不能给出 4 维加速膨胀解。但采用时间转移对称变换

$$t \to t_{+\infty} - t, \ \ a(t) = (t_{+\infty} - t)^{\mu},$$

我们得到一个 4 维的加速膨胀解，因为

$$\frac{da(t)}{dt} > 0, \quad \frac{d^2a(t)}{dt^2} > 0.$$

二十世纪末出现的 M- 理论为解决上述问题奠定了基础。这一理论假设粒子不是质点而是维数不同的 $p$-膜，即沿着 $p$ 个方向有长度的子空间，这里 $p$ 是一个正整数。1-膜一般称作弦，2-膜称作面膜。图 1.4 中给出了 1- 膜、2- 膜及其运动。

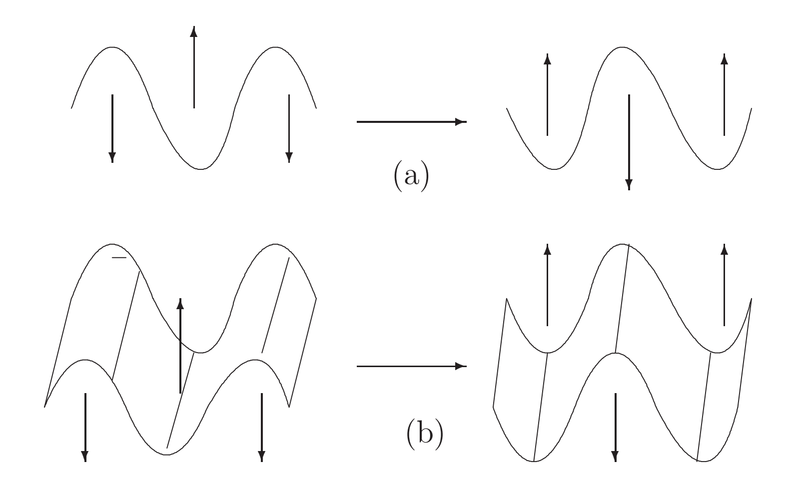



图 1.4. 膜的运动

依据 M 理论，宇宙创生开始时的那个球形空间维数是 11 维的，大爆炸开始后，其中 4 个方向维在急剧的扩张、延伸，而另外 7 个方向维则在急剧卷曲、缩小，这样形成我们今天看得到的 4 维宏观宇宙和看不见的 7 维微观宇宙。4 维宏观宇宙内的作用力符合 Einstein 引力场方程，而 7 维微观宇宙内的作用力符合迪拉克方程，由此得到下面这个结论。

**定理** 1.1 M- 理论的时空是一个在每个点卷曲一个 7 维空间 $\mathbf{R}^7$ 的 4 维空间 $\mathbf{R}^4$。

应用定理 1.1 和双曲空间上的超引力的紧化条件，我们可以得到*Townsend-Wohlfarth*型的 4 维加速膨胀宇宙模型

$$ds^2 = e^{-m\phi(t)}(-S^6dt^2 + S^2dx_3^2) + r_C^2e^{2\phi(t)}ds_{H_m}^2,$$

这里

$$\phi(t) = \frac{1}{m-1}(\ln K(t) - 3\lambda_0 t), \quad S^2 = K^{\frac{m}{m-1}}e^{-\frac{m+2}{m-1}\lambda_0 t}$$

且

$$K(t) = \frac{\lambda_0\zeta r_c}{(m-1)\sin[\lambda_0\zeta|t+t_1|]},$$

这里 $\zeta = \sqrt{3+6/m}$. 取时间 $\varsigma$ 满足 $d\varsigma = S^3(t)dt$, 则加速膨胀宇宙的条件 $\frac{dS}{d\varsigma} > 0$ 和 $\frac{d^2S}{d\varsigma^2} > 0$ 均得到满足。数值计算表明，若 $m = 7$ 则膨胀因子为 3.04。

从数学角度讲，定理 1.1 中的点实际上不是点而是空间，由此引深的数学问题是

是否存在这样一种数学空间，其中每个点包含另一个 1 维以上的空间？

直觉表明，如果这样的数学空间存在，那它一定不是我们日常生活中看得到的空间，也不是我们在经典数学中遇见过的空间，例如在 3 维线性空间中，每个点可以表示为 $(x,y,z)$，它不可能包含一个维数大于等于 1 的子空间。

## §2. Smarandache **重空间**

首先考虑一个简单的问题：

$$1+1=?$$

在自然数系中，我们知道 1+1=2。在 2 进制运算体系中，我们还知道 1+1=10，这里的 10 实际上还是 2。因为在 2 进制运算体系中只有两个运算元素 0 和 1，其运算规则为

$$0+0=0, 0+1=1, 1+0=1, 1+1=10.$$

依据"否定之否定等于肯定"的哲学思想，我们采用一种"反思维的、叛逆的"思想 ([18] – [20]) 来重新看待这个问题，重新分析 $1+1=2$ 或 $\neq 2$。

我们知道 $1,2,3,4,5,\cdots$ 这样的数构成自然数系 $N$。在这个数系中，依据数数的规律，每个数称为前面紧邻着的数的后继数，即 2 的后继数为 3，记为 $2'=3$。同样，$3'=4, 4'=5,\cdots$。这样我们就得到了

$$1+1=2, 2+1=3, 3+1=4, 4+1=5,\cdots;$$

同时还得到了

$$1+2=3, 1+3=4, 1+4=5, 1+5=6,\cdots$$

这样一些运算等式。从而在这种自然数的运算体系下，我们只能得到 $1+1=2$ 的结论。

现在，我们回顾一下运算的定义。给定一个集合 $S$，对 $\forall x,y\in S$，定义 $x*y=z$，意思是 $S$ 上存在一个 2 元结合映射 $*: S\times S\rightarrow S$，使得

$$*(x, y) = z.$$

采用图解的方式，我们可以用图把这种关系在平面上表示出来。首先把 $S$ 中的每个元用平面上的点表示，如果 $S$ 中有 $n$ 个元，则在平面上就取 $n$ 个不共线的点；两个点 $x, z$ 之间连接一条有向线段，如果存在一个元 $y$ 使得 $x * y = z$，我们在这条线段上标上 $*y$，称为该线段的权重，如图 2.1 所示。




图 2.1. 连线及赋权方法

注意这种对应是 $1-1$ 的。记 $S$ 对应的图为 $G[S]$。现在，如果我们想找到一个满足 $1+1=3$ 的运算系统，我们可以先给出 $1+1, 2+1, \cdots$ 等初值并通过图解来完成。

**定义** 2.1 一个代数系统 $(A; \circ)$ 称为单一的若存在一个映射 $\varpi : A \rightarrow A$ 使得对 $\forall a, b \in A$，只要 $a \circ b \in A$，则存在一个唯一的元 $c \in A$, $c \circ \varpi(b) \in A$，相应地称 $\varpi$ 为单一映射。

我们很容易得到以下关于代数系统 $(A; \circ)$ 与图 $G[A]$ 的关系的一个结果。

**定理** 2.1 设 $(A; \circ)$ 为一个代数系统，则

$(i)$ 若 $(A; \circ)$ 上存在一个单一映射 $\varpi$，则 $G[A]$ 是一个 Euler 图。反之，若 $G[A]$ 是一个 Euler 图，则 $(A; \circ)$ 是一个单一运算系统。

$(ii)$ 若 $(A; \circ)$ 是一个完全的代数运算系统，则 $G[A]$ 中每个顶点的出度为 $|A|$；此外，如果 $(A; \circ)$ 上消去律成立，则 $G[A]$ 是一个完全的重 2- 图且每个顶点粘合一个环使得不同顶点之间的边为相对 2- 边，反之亦然。

对于有限个元的情形，可以采用一种有限图的方式规定出所有运算结果，图 2.2 给出了 $|S| = 3$ 的两种运算体系。

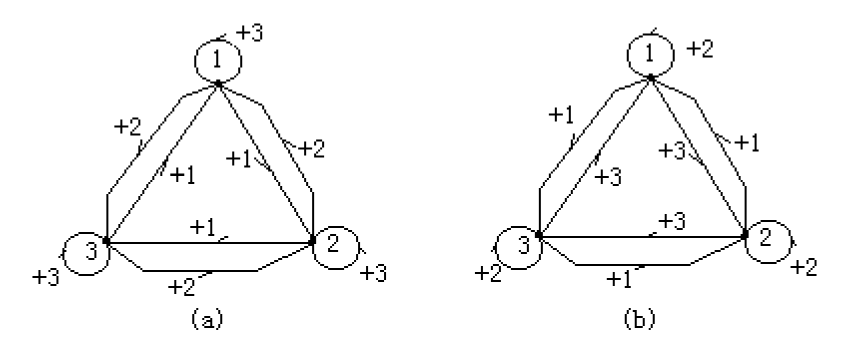



图 2.2. 3 个元的加法运算图

由图 2.2$(a)$ 有

$$1+1=2, 1+2=3, 1+3=1; 2+1=3, 2+2=1, 2+3=2; 3+1=1, 3+2=2, 3+3=3.$$

由图 2.2$(b)$ 有

$$1+1=3, 1+2=1, 1+3=2; 2+1=1, 2+2=2, 2+3=3; 3+1=2, 3+2=3, 3+3=1.$$

对一个集合 $S, |S|=n$，可以在其上定义 $n^3$ 种不同的运算体系。这样我们就可以在一个集合上同时定义出 $h$ 种运算，$h \leq n^3$ 而得到一个 $h$- 重运算体系 $(S; \circ_1, \circ_2, \cdots, \circ_h)$。在经典代数学中，群是单一的运算体系，环、域、体等均是 2 重运算体系。一般地，我们定义一个 Smarandache $n$- 重空间如下。

**定义** 2.2 一个 $n$- 重空间 $\sum$，定义为 $n$ 个集合 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 的并

$$\sum = \bigcup_{i=1}^{n} A_i$$

且每个集合 $A_i$ 上均定义了一种运算 $\circ_i$ 使得 $(A_i, \circ_i)$ 为一个代数体系，这里 $n$ 为正整数，$1 \leq i \leq n$。

在重空间的框架下，我们可以进一步推广经典代数学中群、环、域及向量空间的概念而得到重群、重环、重域及重向量空间的概念，并得到相应的代数结构。

**定义** 2.3 设 $\widetilde{R} = \bigcup\limits_{i=1}^{m} R_i$ 为一个完备的 $m$- 重空间，且对任意整数 $i, j,\ i \neq j, 1 \leq i, j \leq m$，$(R_i; +_i, \times_i)$ 为一个环且对任意元 $\forall x, y, z \in \widetilde{R}$，只要相应的运算结果均存在，则有

$$(x +_i y) +_j z = x +_i (y +_j z), \quad (x \times_i y) \times_j z = x \times_i (y \times_j z)$$

以及

$$x \times_i (y +_j z) = x \times_i y +_j x \times_i z, \ \ (y +_j z) \times_i x = y \times_i x +_j z \times_i x,$$

则称 $\widetilde{R}$ 为一个 $m$- 重环。若对任意整数 $i, 1 \leq i \leq m$, $(R; +_i, \times_i)$ 是一个域，则称 $\widetilde{R}$ 为一个 $m$- 重域。

**定义** 2.4 设 $\widetilde{V} = \bigcup\limits_{i=1}^{k} V_i$ 为一个完备的 $m$- 重空间，其运算集合为 $O(\widetilde{V}) = \{(\dot{+}_i, \cdot_i) \mid 1 \leq i \leq m\}$，$\widetilde{F} = \bigcup\limits_{i=1}^{k} F_i$ 为一个重域，其运算集合为 $O(\widetilde{F}) = \{(+_i, \times_i) \mid 1 \leq i \leq k\}$。若对任意整数 $i, j$, $1 \leq i, j \leq k$ 及任意元 $\forall \mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c} \in \widetilde{V}$, $k_1, k_2 \in \widetilde{F}$, 只要对应的运算结果存在，则

(*i*) $(V_i; \dot{+}_i, \cdot_i)$ 为域 $F_i$ 上的向量空间，其向量加法为"$\dot{+}_i$"，标量乘法为"$\cdot_i$"；

(*ii*) $(\mathbf{a}\dot{+}_i\mathbf{b})\dot{+}_j\mathbf{c} = \mathbf{a}\dot{+}_i(\mathbf{b}\dot{+}_j\mathbf{c})$;

(*iii*) $(k_1 +_i k_2) \cdot_j \mathbf{a} = k_1 +_i (k_2 \cdot_j \mathbf{a})$;

则称 $\widetilde{V}$ 为重域 $\widetilde{F}$ 上的 $k$ 重向量空间，记为 $(\widetilde{V}; \widetilde{F})$。

由此我们知道，M- 理论中的空间模型实际上是一种重空间模型。

**定理** 2.2 设 $P = (x_1, x_2, \cdots, x_n)$ 为 $n$- 维欧氏空间 $\mathbf{R}^n$ 中的一个点。则对任意整数 $s, 1 \leq s \leq n$，点 $P$ 包含一个 $s$ 的子空间。

证明 注意欧氏空间 $\mathbf{R}^n$ 中存在标准基 $e_1 = (1, 0, 0, \cdots, 0)$, $e_2 = (0, 1, 0, \cdots, 0)$, $\cdots$, $e_i = (0, \cdots, 0, 1, 0, \cdots, 0)$ (第 $i$ 个元为 1，其余为 0), $\cdots$, $e_n = (0, 0, \cdots, 0, 1)$ 使得 $\mathbf{R}^n$ 中的任意点 $(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ 可以表示为

$$(x_1, x_2, \cdots, x_n) = x_1e_1 + x_2e_2 + \cdots + x_ne_n$$

取域 $F = \{a_i, b_i, c_i, \cdots, d_i; i \geq 1\}$，我们定义一个新的向量空间

$$\mathbf{R}^- = (V, +_{new}, \circ_{new}),$$

这里 $V = \{x_1, x_2, \cdots, x_n\}$。不失普遍性，我们假定 $x_1, x_2, \cdots, x_s$ 是独立的，即若存在标量 $a_1, a_2, \cdots, a_s$ 使得

$$a_1 \circ_{new} x_1 +_{new} a_2 \circ_{new} x_2 +_{new} \cdots +_{new} a_s \circ_{new} x_s = 0,$$

则定有 $a_1 = a_2 = \cdots = 0_{new}$ 且存在标量 $b_i, c_i, \cdots, d_i$，$1 \leq i \leq s$，使得

$$x_{s+1} = b_1 \circ_{new} x_1 +_{new} b_2 \circ_{new} x_2 +_{new} \cdots +_{new} b_s \circ_{new} x_s;$$

$$x_{s+2} = c_1 \circ_{new} x_1 +_{new} c_2 \circ_{new} x_2 +_{new} \cdots +_{new} c_s \circ_{new} x_s;$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots;$$

$$x_n = d_1 \circ_{new} x_1 +_{new} d_2 \circ_{new} x_2 +_{new} \cdots +_{new} d_s \circ_{new} x_s.$$

从而我们得到点 $P$ 上的一个 $s$- 维子空间。 ♮

**推论** 2.1 设 $P$ 为欧氏空间 $\mathbf{R}^n$ 中的一个点。则存在一个子空间序列

$$\mathbf{R}_0^- \subset \mathbf{R}_1^- \subset \cdots \subset \mathbf{R}_{n-1}^- \subset \mathbf{R}_n^-$$

使得 $\mathbf{R}_n^- = \{P\}$ 且子空间 $\mathbf{R}_i^-$ 的维数为 $n - i$，这里 $1 \leq i \leq n$。

## §3. 地图与地图几何

### 3.1. Smarandache 几何

*Smarandache*几何 是一种最广泛的非欧几何，其内容涵盖目前熟知的 Lobachevshy-Bolyai 几何、Riemann 几何与 Finsler 几何，其出发点是采用反命题逐条取代欧氏几何中的对应公设。我们首先回顾一下欧氏几何及双曲几何、Riemann 几何的创立过程。

欧氏几何的公理体系由下面这五条公设组成：

(1)从每个点到每个其他的点必定可以引直线；
(2)每条直线都可以无限延长；
(3)以任意点为中心，通过任何给定的另一点可以作一圆；
(4)所有直角都相等；

(5)同平面内如有一条直线与另两条直线相交，且在前一条直线的一侧所交的两内角之和小于两直角，则后两条直线必在这一侧相交, 如图 3.1 所示。

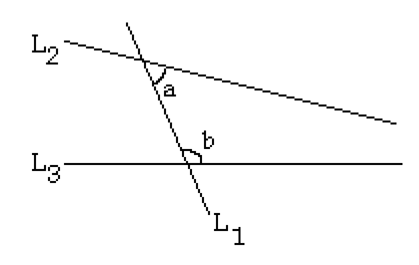



图 3.1. 一条直线与两条不平行直线相交

这里，$\angle a + \angle b < 180^O$。最后一条公设通称为欧氏第五公设，它还可以采用下面这种叙述方法：

过给定直线外的一点，恰存在一条直线与给定的直线不相交。

自从欧氏公设公布以来，人们一直觉得其第五公设不应该作为公设出现，它看上去实在应该是一个命题。为此，许多数学家致力于采用前四条公设证明第五公设，但一直没有成功。于是有人想用其他假设代替欧氏第五公设，检验得到的公理体系是否完备，是否存在矛盾。十九世纪，Lobachevshy 和 Bolyai、Riemann 分别采用不同的假设取代欧氏第五公设获得成功。他们采用的假设分别是：

Lobachevshy-Bolyai 假设：过给定直线外的一点，至少存在两条直线与给定的直线不相交。

Riemann 假设：过给定直线外的一点，不存在直线与给定的直线不相交。

Riemann 假设得到重视的原因在于由此可以建立黎曼几何，后者被 Einstein 用为其相对论中的引力时空，即把引力场看作一个黎曼空间。

同样地，我们是否可以进一步去改变欧氏公设得到新的几何而涵盖原有的欧氏几何、Lobachevshy-Bolyai 几何、Riemann 几何和 Finsler 几何？文献 [16] 中解决了这个问题。问题的解决得力于应用 Smarandache 几何思想而建立伪度量空间几何，这里对 Smarandache 几何作一个简要介绍如下，下一节再介绍伪度量空间几何。

Smarandache 几何包含悖论几何、非几何、反射影几何和反几何等四种，分别依据不同的公设建立。其中，悖论几何采用的公设为欧氏公设 (1) - (4) 以及下面任何一条公设：

$(P-1)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点的直线均与这条

直线不相交；

$(P-2)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点恰存在一条直线与这条直线不相交；

$(P-3)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点恰存在有限的 k 条直线与这条直线不相交，$k\geq 2$；

$(P-4)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点恰存无数条直线与这条直线不相交；

$(P-5)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点的任何直线均与这条直线相交。

非几何采用的公理体系是否定欧氏几何 5 条公设中的 1 个或数个，即采用以下一条或数条公设取代欧氏公设中的对应公设：

$(-1)$ 过给定的任意两点不一定存在一条直线；

$(-2)$ 存在一条直线不能无限延长；

$(-3)$ 给定一点和一个实数，并不一定可以画出一个圆；

$(-4)$ 直角并不一定相等；

$(-5)$ 过给定直线外的一点，不一定存在一条直线与给定的直线不相交。

反射影几何采用的公理体系是否定射影几何中的一条或数条公设，相应采用下述公设取代：

$(C-1)$ 至少存在两条直线或没有直线包含两个给定的点；

$(C-2)$ 设 $A,B,C$ 为三个不共线的点，$D,E$ 为两个不同点。若 $A,D,C$ 和 $B,E,C$ 三点共线，则通过 $A,B$ 的直线与通过 $D,E$ 的直线不相交；

$(C-3)$ 每条直线至多含有两个不同的点。

反几何采用的公理体系是否定 Hilbert 公理体系中的一条或数条公设。

**定义** 3.1 一个公设称为*Smarandache*否定的，若其在同一个空间中同时表现出成立或不成立，或至少以两种以上方式表现不成立。

一个含有 Smarandache 否定公设的几何称为*Smarandache*几何。

下面这个例子以及下面两小节表明 Smarandache 几何是普遍存在的。

**例** 3.1 设 $A,B,C$ 为欧氏平面上三个不共线的点，定义直线为欧氏平面上通过 $A,B,C$ 中恰好一个点的直线。则我们得到一个 Smarandache 几何。因为与欧氏几何公理体系相比较，其中两条公设是 Smarandache 否定的。

$(i)$ 欧氏第五公设现在为经过一条直线外的一点，存在一条或不存在直线平行于该条直线所取代。假设直线 $L$ 经过点 $C$ 且平行于直线 $AB$。注意经过任何一个不在 $AB$ 上的点恰好有一条直线平行于 $L$，而经过直线 $AB$ 上的任何一点均不存在平行于 $L$ 的直线，如图 3.2$(a)$ 所示。

$(ii)$ 公设经过任意两个不同点存在一条直线现在为经过任意两个不同点存在一条直线或不存在直线取代。注意经过两个点 $D, E$，这里 $D, E$ 与 $A, B, C$ 中的一点，如点 $C$ 共线，如图 3.2$(b)$ 所示，恰好有一条直线经过 $D, E$。而对任意两个在直线 $AB$ 点 $F, G$ 或不与 $A, B, C$ 中一个点共线的两个点 $G, H$ 均不存在经过它们的直线，如图 3.2$(b)$ 所示。

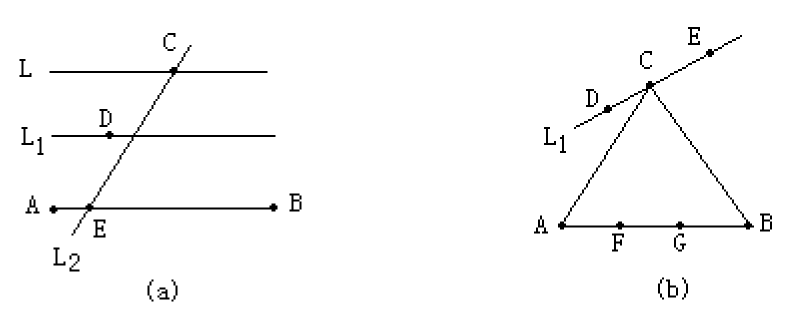



图 3.2. s- 直线的情况

## 3.2 什么是地图？

拓扑学中一个很著名的定理说每个曲面或者为球面，或者同胚于在球面上挖去 2p 个洞，每两个洞之间采用一个柱面（管子）相连；或者同胚于在球面上挖去 q 个洞，每个洞采用麦比乌斯带的边界与其相粘合。前者为可定向曲面，亏格定义为 p；后者为不可定向曲面，亏格定义为 q。这里可定向的意思是一个垂直于曲面的向量沿着曲面运动一圈后回到出发点是否改变向量的方向。直观上知道球面是可定向的，而麦比乌斯带则是不可定向的，如图 3.3 所示，其中 (a) 为剪开的纸面，(b) 为粘合后的麦比乌斯带。

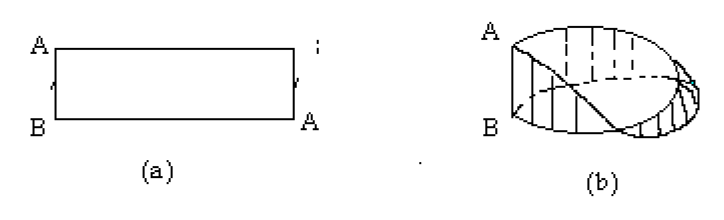



图 3.3. 麦比乌斯带的形成

地图是曲面的一种划分，当沿着这种划分将曲面剪开后，得到的每个面块均同胚于圆盘 $D=\{(x,y)|x^2+y^2\leq 1\}$。Tutte 于 1973 年给出了地图的代数定义，采用 [12] 中的术语，地图定义于下。

**定义** 3.2 一个地图 $M=(\mathcal{X}_{\alpha,\beta},\mathcal{P})$，定义为在基础集合 $X$ 的四元胞腔 $Kx, x\in X$ 的无公共元的并集 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上的一个基本置换 $\mathcal{P}$，且满足下面的公理 1 和公理 2，这里 $K=\{1.\alpha,\beta,\alpha\beta\}$ 为 Klein 4- 元群，所谓 $\mathcal{P}$ 为基本置换，即不存在正整数 $k$，使得 $\mathcal{P}^k x=\alpha x$。

**公理** 1：$\alpha\mathcal{P}=\mathcal{P}^{-1}\alpha$;

**公理** 2：群 $\Psi_J=\langle\alpha,\beta,\mathcal{P}\rangle$ 在 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上可迁。

依据定义 3.2，地图的顶点和面分别定义为置换 $\mathcal{P}$ 和 $\mathcal{P}\alpha\beta$ 作用于 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上得到的共轭轨道；边为 Klein 4- 元群 $K$ 作用于 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上得到的轨道。利用*Euler-Poincaré*公式，我们得到

$$|V(M)|-|E(M)|+|F(M)|=\chi(M),$$

这里 $V(M),E(M),F(M)$ 分别表示地图 $M$ 的顶点集、边集和面集，$\chi(M)$ 表示地图 $M$ 的 Euler 亏格，其数值等于地图 $M$ 所嵌入的那个曲面的 Euler 亏格。称一个地图 $M=(\mathcal{X}_{\alpha,\beta},\mathcal{P})$ 是不可定向的，若置换群 $\Psi_I=\langle\alpha\beta,\mathcal{P}\rangle$ 在 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上是可迁的，否则称为可定向的。

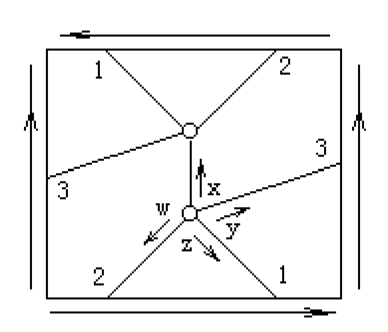


图 3.4. 图 $D_{0.4.0}$ 在 Kelin 曲面上的嵌入

作为一个例子，图 3.4 中给出了图 $D_{0.4.0}$ 在 Kelin 曲面上的一个嵌入，可以采用地图 $M=(\mathcal{X}_{\alpha,\beta},\mathcal{P})$ 表示如下，这里

$$\mathcal{X}_{\alpha,\beta}=\bigcup_{e\in\{x,y,z,w\}}\{e,\alpha e,\beta e,\alpha\beta e\},$$

$$\mathcal{P} \ = \ (x,y,z,w)(\alpha\beta x,\alpha\beta y,\beta z,\beta w)$$

$$\times \quad (\alpha x, \alpha w, \alpha z, \alpha y)(\beta x, \alpha\beta w, \alpha\beta z, \beta y).$$

图 3.4 中的地图有 2 顶点 $v_1 = \{(x,y,z,w),(\alpha x,\alpha w,\alpha z,\alpha y)\}$, $v_2 = \{(\alpha\beta x,\alpha\beta y,\beta z,\beta w),(\beta x,\alpha\beta w,\alpha\beta z,\beta y)\}$, 4 条边 $e_1 = \{x,\alpha x,\beta x,\alpha\beta x\}$, $e_2 = \{y,\alpha y,\beta y,\alpha\beta y\}$, $e_3 = \{z,\alpha z,\beta z,\alpha\beta z\}$, $e_4 = \{w,\alpha w,\beta w,\alpha\beta w\}$ 以及 2 个面 $f_2 = \{(x,\alpha\beta y,z,\beta y,\alpha x,\alpha\beta w),(\beta x,\alpha w,\alpha\beta x,y,\beta z,\alpha y)\}$, $f_2 = \{(\beta w,\alpha z),(w,\alpha\beta z)\}$，其 Euler 亏格为

$$\chi(M) = 2 - 4 + 2 = 0$$

且置换群 $\Psi_I = \langle \alpha\beta, \mathcal{P}\rangle$ 在 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上可迁。这样就从代数角度得到图 $D_{0.4.0}$ 在 Klein 面上的嵌入。

伴随着理论物理研究的需要，我们还可以一般性地考虑图在空间以及多重曲面上的嵌入。图在重曲面上的嵌入定义如下。

**定义** 3.3 设图 $G$ 的顶点集合具有划分 $V(G) = \bigcup\limits_{j=1}^{k} V_i$, 这里对任意整数 $1 \leq i,j \leq k$, $V_i \bigcap V_j = \emptyset$, 又 $S_1, S_2, \cdots, S_k$ 为度量空间 $\mathcal{E}$ 中的 $k$ 个曲面，$k \geq 1$。若存在一个 1-1 连续映射 $\pi: G \rightarrow \mathcal{E}$ 使得对任意整数 $i, 1 \leq i \leq k$，$\pi|_{\langle V_i\rangle}$ 是一个浸入且 $S_i \setminus \pi(\langle V_i\rangle)$ 中的每个连通片同胚于圆盘 $D = \{(x,y)|x^2+y^2 \leq 1\}$，则称 $\pi(G)$ 是 $G$ 在曲面 $S_1, S_2, \cdots, S_k$ 上的重嵌入。

定义 3.3 中曲面 $S_1, S_2, \cdots, S_k$ 的空间位置对重嵌入有影响。当存在一种排列 $S_{i_1}, S_{i_2}, \cdots, S_{i_k}$，使得对任意整数 $j, 1 \leq j \leq k$，$S_{i_j}$ 是 $S_{i_{j+1}}$ 的子空间时，称为 $G$ 在 $S_1, S_2, \cdots, S_k$ 上的内含重嵌入。关于球面，有下面的结论。

**定理** 3.1 一个图 $G$ 在球面 $P_1 \supset P_2 \supset \cdots \supset P_s$ 存在非平凡的内含重嵌入当切仅当图 $G$ 存在块划分 $G = \biguplus\limits_{i=1}^{s} G_i$, 使得对任意整数 $i, 1 < i < s$,

(*i*) $G_i$ 是平面的;

(*ii*) 对任意 $\forall v \in V(G_i)$, $N_G(x) \subseteq (\bigcup\limits_{j=i-1}^{i+1} V(G_j))$.

3.3 **地图几何**

地图几何 是在地图基础上构建的 Smarandache 几何，同时也是联系组合数学与经典数学的纽带。地图几何的概念首先在文献 [13] 中提出，随后在文献 [14] – [16] 中，特别是 [16] 进行了细致的研究，其定义如下。

**定义** 3.4 在地图 $M$ 每个顶点 $u, u \in V(M)$ 上赋予一个实数 $\mu(u), \mu(u)\rho_M(u)(mod 2\pi)$,

称 $(M,\mu)$ 为一个地图几何，$\mu(u)$ 为点 $u$ 的角因子函数。视允许或不允许曲面上的曲线穿过某一个或某几个面而称该地图几何无边界或有边界。

图 3.5 中给出了直线穿过地图上的顶点的情形这里的弯折角度分为大于 $\pi$、等于 $\pi$ 及小于 $\pi$，相应地，点 u 称为椭圆点、欧氏点和双曲点。

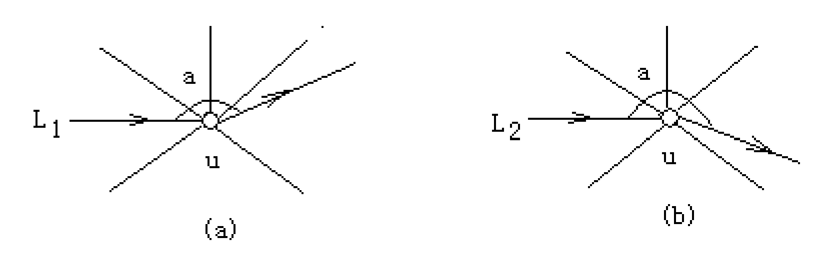



图 3.5. 直线穿过椭圆点或双曲点

椭圆点、欧氏点和双曲点在 3 维空间中均是可以实现的，这里点的实现有别于欧氏空间的情形，即不一定是平直的，除非该点就是欧氏点。图 3.6 中给出了这三种点在 3 维空间的实现方法, 图中点 u 为椭圆点，v 为欧氏点而 w 为双曲点。

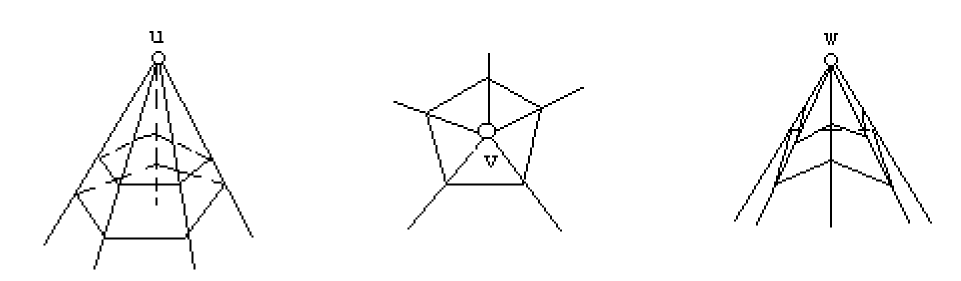



图 3.6. 椭圆点、欧氏点和双曲点在 3- 维空间的实现

**定理** 3.1 有界、无界地图几何中均存在悖论几何、非几何、反射影几何和反几何。

定理的证明见文献 [16]。为便于理解，我们下面介绍平面地图几何的情形。在这种情形，不仅可以在顶点上赋予角因子函数，还可以要求连接顶点之间的边是一个连续函数，这样对进一步理解平面上代数曲线十分有意义。比如在平面地图几何中有这样的结论：

平面地图几何无穷直线不穿过地图或穿过的点为欧氏点。

作为一个例子，图 3.7 中画出了基于正四面体的一种平面地图几何，其中顶点边上的数值表明该顶点 2 倍的角因子函数值。

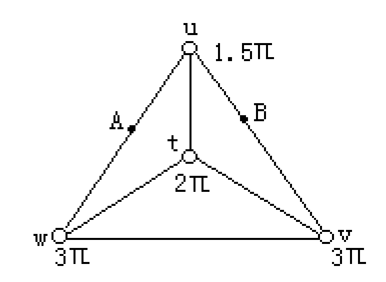


图 3.7. 一个平面地图几何的例子

图 3.8 中画出了图 3.7 定义的平面地图几何中直线的情形，类似地，图 3.9 中画出了该平面地图几何中的几种多边形。

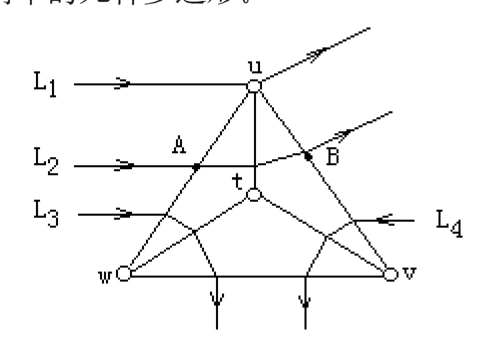


图 3.8. 平面地图几何的直线

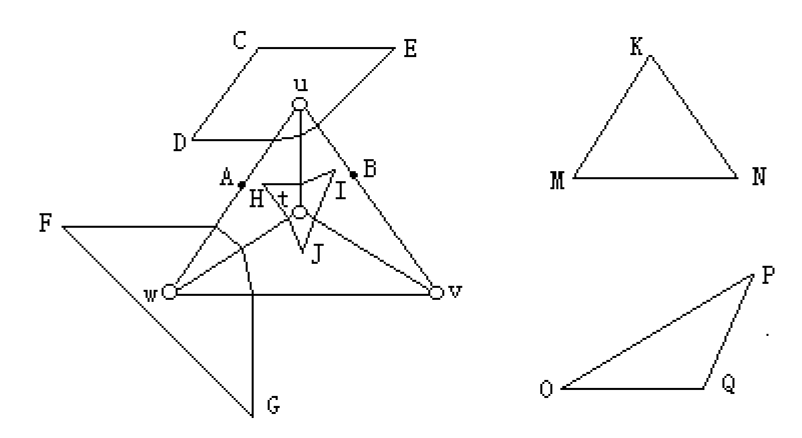


图 3.9. 平面地图几何的多边形

## §4. 伪度量空间几何

Einstein 的广义相对论断言了空间在引力作用下是弯曲的，甚至光线也不例外，这一点在实际观测中已经得到证实。地图几何的思想实际上可以一般地定义于一个度量空间上，即在该度量空间的每个点上赋予一个向量而建立伪度量空间几何。

**定义** 4.1 设 $U$ 为一个度量为 $\rho$ 的度量空间，$W \subseteq U$。对任意 $\forall u \in U$，若存在一个

连续映射 $\omega : u \to \omega(u)$，这里，对任意整数 $n, n \geq 1$，$\omega(u) \in \mathbf{R}^n$ 使得对任意的正数 $\epsilon > 0$，均存在一个数 $\delta > 0$ 和一个点 $v \in W$，$\rho(u-v) < \delta$ 使得 $\rho(\omega(u) - \omega(v)) < \epsilon$。则若 $U = W$，称 $U$ 为一个伪度量空间，记为 $(U, \omega)$；若存在正数 $N > 0$ 使得 $\forall w \in W$，$\rho(w) \leq N$，则称 $U$ 为一个有界伪度量空间，记为 $(U^{-}, \omega)$。

注意 $\omega$ 是角因子函数时，从伪度量空间我们得到 Einstein 的弯曲空间。为便于理解，我们讨论伪平面几何且 $\omega$ 为角因子函数的情形，首先有下面两个简单的结论。

**定理** 4.1 过伪平面 $(\mathcal{P}, \omega)$ 上的两点 $u$ 和 $v$ 不一定存在欧氏意义上的直线。

**定理** 4.2 在一个伪平面 $(\sum, \omega)$ 上，若不存在欧氏点，则 $(\sum, \omega)$ 其每个点均为椭圆点或每个点均为双曲点。

对于平面代数曲线，则有如下结果。

**定理** 4.3 在伪平面 $(\sum, \omega)$ 上存在代数曲线 $F(x, y) = 0$ 经过区域 $D$ 中的点 $(x_0, y_0)$ 当且仅当 $F(x_0, y_0) = 0$ 且对任意 $\forall (x, y) \in D$，

$$(\pi - \frac{\omega(x,y)}{2})(1 + (\frac{dy}{dx})^2) = sign(x, y).$$

现在，我们再回到伪度量空间上。依据定义 4.1，对一个 $m$- 流形 $M^m$ 和任意点 $\forall u \in M^m$，取 $U = W = M^m$，$n = 1$ 且 $\omega(u)$ 为一个光滑函数。则我们得到流形 $M^m$ 上的伪流形几何 $(M^m, \omega)$。

我们知道，流形 $M^m$ 上的*Minkowski*范数定义为满足如下条件的一个函数 $F : M^m \to [0, +\infty)$。

$(i)$ $F$ 在 $M^m \setminus \{0\}$ 上处处光滑；

$(ii)$ $F$ 是 1- 齐次的，即对任意的 $\overline{u} \in M^m$ 和 $\lambda > 0$，有 $F(\lambda \overline{u}) = \lambda F(\overline{u})$；

$(iii)$ 对任意的 $\forall y \in M^m \setminus \{0\}$，满足条件

$$g_y(\overline{u}, \overline{v}) = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F^2(y + s\overline{u} + t\overline{v})}{\partial s \partial t}|_{t=s=0}$$

.

的对称双线性型 $g_y : M^m \times M^m \to R$ 是正定的。

*Finsler*流形实际上就是赋予了 Minkowski 范数的流形，具体来讲就是流形 $M^m$ 及其切空间上的一个函数 $F : TM^m \to [0, +\infty)$ 并满足如下条件。

(*i*) $F$ 在 $TM^m \setminus \{0\} = \bigcup\{T_{\overline{x}}M^m \setminus \{0\} : \overline{x} \in M^m\}$ 上处处光滑；

(*ii*) 对任意 $\forall \overline{x} \in M^m$，$F|_{T_{\overline{x}}M^m} \to [0, +\infty)$ 是一个 Minkowski 范数。

作为伪度量空间几何的一个特例，对任意 $\overline{x} \in M^m$，我们选择 $\omega(\overline{x}) = F(\overline{x})$。则伪度量空间几何 $(M^m, \omega)$ 是一个 Finsler 流形，特别地，如果取 $\omega(\overline{x}) = g_{\overline{x}}(y, y) = F^2(x, y)$，则 $(M^m, \omega)$ 就是 Riemann 流形。这样，我们就得到下述结论。

**定理** 4.4 伪度量空间几何 $(M^m, \omega)$，一般地，Smarandache 几何中包含 Finsler 几何，从而包含 Riemann 几何。

## §5. 需要进一步研究的问题

二十一世纪的理论物理为数学研究提出了大量需要研究的问题，这里我们仅列举几个。

**理论物理问题** 5.1 有多少个宇宙？为什么人类发现不了其他宇宙空间？这是否与引力弯曲空间有关？

既然可以有无数个星球，当然就允许有多个宇宙，这就是文献 [10] 中平行宇宙的观点，也是物理学界普遍接受的观点。Einstein 断言了空间在引力作用下是弯曲的，从某种意义上讲欧氏空间在真实世界中是不存在的。从实验观测的角度，人类仅能观测或测试到自然界中某种相而不是其本身，无论是高维空间还是低维空间映射到 4 维空间，文献 [16] 中对此已有些初步刻画。经典微分几何中利用切向量丛刻画弯曲的方法依赖于一些特定的联络规则。一般性的研究弯曲空间应彻底对伪度量空间 $(M^m, \omega)$ 进行研究。基于非平直空间的研究可以发现，至少在数学上允许平行宇宙的存在，但人类目前的观测方法无法观测到。

**理论物理问题** 5.2 人类生活的宇宙维数到底是多少？是否有限？

二十世纪末理论物理的发展正在让人类改变数千年来形成的空间观念，从而影响着数学的变革。一些著名的理论物理学家更直言不讳的说“我们甚至不知道人类空间的自由度到底是多少”。在当今理论与实验的条件下，要搞清这个问题有一定的困难，因为人类看不到、观测不到的东西太多了。弦理论中认为空间维数是 10，M-理论中的空间维数是 11 且五种已知的弦或超弦理论均是其极限情形。而少数物理学家正在研究的 F- 理论的空间维数是 12。伴随着这种思想，可以建立一般的空间维数理论研究 Einstein 场方程，在这一点上，数学家走在了物理学家的后面。

**理论物理问题** 5.3 人类能够接近或进入黑洞吗？地球上是否存在一种生物可以从 4 维进入 3 维或从 3 维进入 2 维空间？

黑洞实际上是 Einstein 场方程在不同度规条件下的奇点解。一方面，物理学家认为黑洞存在巨大的引力，就连光线也不能例外，任何物体不幸落入黑洞中均将被撕裂成为碎片（[6]-[7]）；同时物理学家又猜测黑洞是连接不同宇宙、不同时空的桥梁，因为人类了解的一切物理规律在黑洞内均失效。与黑洞相对的，理论物理中还有一种白洞，其特征是任何物体均无法进入白洞内。如果抛开黑洞、白洞个体，我们就会发现两者均是自守恒的，吸引的同时就是排斥，所以黑洞与白洞应该是一回事。这样人类，特别是宇航员无需担心不小心掉进了黑洞。

多态物质在地球上是普遍存在的，如水、油、氮等。但刻画多态物质的理论，不论是物理或是数学均未引起人们的足够认识。多年以来，力学模型一直坚持物体运动中态不变这一个基本原则。从理论上认识时空穿梭，必须搞清楚运动中态变化带来的问题，即不稳定体的运动问题。由此带来的数学问题是 ([16])：

(1)依据结构力学，确定哪些图是稳定的，哪些是不稳定的并进行分类。

(2)将图嵌入到多维空间内，研究其相空间变化规律。

(3)建立图的相空间运动力学。

对物理学来说，需要在地球上寻找能够改变其态的生物，进而发现其时空穿梭规律。

**理论物理问题** 5.4 人类在地球上可以找到暗物质吗？

暗物质与暗能量一直是物理学界的一个热门话题。伴随着人类对空间维数认识的改变，这个问题也变得日益复杂。如果空间维数 $\geq 11$，那么暗物质就不一定处在人类看得到的方向维上，也不可能在地球上找到它。所有这些都依赖于人类认识水平与实验技术的提高。

## 参考文献

[1] A.D.Aleksandrov and V.A.Zalgaller, *Intrinsic Geometry of Surfaces*, American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 1976.

[2] I.Antoniadis, Physics with large extra dimensions: String theory under experimental test, *Current Science*, Vol.81, No.12, 25(2001),1609-1613

[3] 陈省身和陈维恒, 微分几何讲义, 北京大学出版社, 2001.

[4] M.J.Duff, A layman's guide to M-theory, *arXiv*: hep-th/9805177, v3, 2 July(1998).

[5] 费宝俊, 相对论与非欧几何, 科学出版社, 北京, 2005.

[6] S.Hawking, 时间简史, 湖南科技出版社,2005.

[7] S.Hawking, 果壳里的宇宙, 湖南科技出版社,2005.

[8] H.Iseri, *Smarandache Manifolds*, American Research Press, Rehoboth, NM,2002.

[9] H.Iseri, *Partially Paradoxist Smarandache Geometries*, http://www.gallup.unm.edu/s̃marandache/Howard-Iseri-paper.htm.

[10] M.Kaku, *Hyperspace: A Scientific Odyssey through Parallel Universe, Time Warps and 10th Dimension*, Oxford Univ. Press.

[11] L.Kuciuk and M.Antholy, An Introduction to Smarandache Geometries, *Mathematics Magazine, Aurora, Canada*, Vol.12(2003)

[12] Y.P.Liu, *Enumerative Theory of Maps*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London, 1999.

[13] L.F.Mao, *On Automorphisms groups of Maps, Surfaces and Smarandache geometries*, *Sientia Magna*, Vol.1(2005), No.2, 55-73.

[14] L.F.Mao, A new view of combinatorial maps by Smarandache's notion, *arXiv*: math.GM/0506232.

[15] L.F.Mao, *Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*, American Research Press, 2005.

[16] L.F.Mao, *Smarandache multi-space theory*, Hexis, Phoenix, AZ，2006.

[17] F.Smarandache, Mixed noneuclidean geometries, *eprint arXiv: math/0010119*, 10/2000.

[18] F.Smarandache, *A Unifying Field in Logics. Neutrosopy: Neturosophic Probability, Set, and Logic*, American research Press, Rehoboth, 1999.

[19] F.Smarandache, Neutrosophy, a new Branch of Philosophy, *Multi-Valued Logic*, Vol.8, No.3(2002)(special issue on Neutrosophy and Neutrosophic Logic), 297-384.

[20] F.Smarandache, A Unifying Field in Logic: Neutrosophic Field, *Multi-Valued Logic*, Vol.8, No.3(2002)(special issue on Neutrosophy and Neutrosophic Logic), 385-438.

# 毛林繁 1985-2010 分年论著目录

**1985 年**

1. 傅氏级数、拉氏变换及 RMI 原则，中专数学研究，29-32,1 (1985)
2. 学习数学的点滴体会，中专数学研究，22-23,2 (1985)

**1990 年**

1. The maximum size of r-partite subgraphs of a K3-free graph, 东北数学, 4 (1990),417-424.

**1992 年**

1. 北京财贸学院 100m3 水柜顶升施工，滑模工程，1 (1992)
2. (与马刚合著) 北京木樨园体校 50m 标准游泳池结构抗渗施工，建筑科技，4 (1992)

**1993 年**

1. （与马刚合著）北京木樨园体校 62m 无粘结预应力混凝土大梁施工，建筑科技，1 (1993)

**1994 年**

1. (与杨燕昌合著) R(G)=3 的自中心图的圈结构研究，纯粹数学与应用数学，Vol. 10 (增刊) (1994),88-98。
2. Hamiltonian graphs with constraints on vertices degree in a subgraphs pair, 太原机械学院学报，Vol. 15 (增刊) (1994),79-90。

**1995 年**

1. (与马刚合著) 北京木樨园体校游泳池抗渗混凝土结构施工，建筑技术，5 (1995)

2. 游泳池结构抗渗施工技术，中国实用科技成果大词典 (95 版)，1995。
3. 采用大吨位滑模千斤顶从事水柜顶升施工技术，中国实用科技成果大词典 (95 版)，1995。

**1996 年**

1. 有给定半径自中心图的最大边数，西安电子科技大学学报，Vol. 23 (增刊) (1996)，6-10。
2. 混凝土涨模原因分析及防治，建筑科技，2 (1996)。

**1997 年**

1. 怎样编写高层建筑施工安全防护方案，建筑安全，11 (1997)

**1998 年**

1. A localization of Dirac's theorem for hamiltonian graphs, 数学研究与评论，Vol.18, 2(1998),188-190.
2. 混凝土涨模原因分析及防治，建筑技术，9 (1998)
3. 怎样编写高层建筑施工安全防护方案，建筑科技，1 (1998)

**1999 年**

1. 学校一期工程施工组织总设计，彭圣浩主编：建筑工程施工组织设计实例应用手册，中国建筑工业出版社，1999。
2. 游泳池工程施工组织设计，徐家和主编：建筑工程施工组织设计实例应用手册，中国建筑工业出版社，1999。
3. 北京木樨园体校游泳池抗渗混凝土结构施工, 中国建筑工程总公司编：建筑工程施工实例手册(2), 中国建筑工业出版社，1999。

**2000 年**

1. 局部化 Fan 条件的一个推广，曲阜师范大学学报 (自然科学版)，Vol. 26, 3(2000), 25-28。
2. 北京电力生产调度中心施工质量控制与管理，建筑科技，2 (2000)。
3. 北京电力生产调度中心装饰工程施工，建筑工程施工实例手册(7), 中国建筑工业出版社，1999。

**2001 年**

1. （与刘彦佩合著）哈密尔顿图的一类新的局部化充分条件，曲阜师范大学学报（自然科学版），Vol. 27，2(2001), 18-22。

2. (with Liu Yanpei)On the eccentricity value sequence of a simple graph, 河南师范大学学报（自然科学版）, 4(2001), 13-18。

3. (with Liu Yanpei)An approach for constructing 3-connected non-hamiltonian cubic maps on surfaces,*OR Transactions*, 4(2001), 1-7.

**2002 年**

1. *A census of maps on surfaces with given underlying graphs*, A Doctorial Dissertation, Northern Jiaotong University, 2002.

2. On the panfactorical property of Cayley graphs, 数学研究与评论, 3(2002), 383-390。

3. 城市公交网络可靠性的双层规划模型，中国公路学报, 3（2002）, 88-91。

4. Localized neighborhood unions condition for hamiltonian graphs, 河南师范大学学报（自然科学版), 1(2002), 16-22。

**2003 年**

1. (with Liu Yanpei) New automorphism groups identity of trees, 数学进展, 5(2002), 113-117。

2. (with Liu Yanpei)Group action approach for enumerating maps on surfaces, *J. Applied Math. & Computing*, Vol.13(2003), No.1-2, 201-215.

3. （与刘彦佩合著）图的可定向嵌入的标根可数性，数学物理学报, 3（2003）,287-293。

4. （与刘峰合著）顶点距离 $\geq 2$ 的局部化条件与哈密尔顿图，河南师范大学学报（自然科学版）, 1(2003),17-21。

**2004 年**

1. (with Yanpei Liu)A new approach for enumerating maps on orientable surfaces, *Australasian J. Combinatorics*, Vol.30(2004), 247-259.

2. （与田丰合著）Riemann 曲面上 Hurwitz 定理的组合推广，中国科学院博士后前沿与交叉学科学术论坛论文集，2004 年 12 月,75-89。

**2005 年**

1. (with Feng Tian)On oriented 2-factorable graphs, *J.Applied Math. & Computing*, Vol.17(2005), No.1-2, 25-38.

2. (with Liu Yanpei and Tian Feng)Automorphisms of maps with a given underlying graph and their application to enumeration,*Acta.Math.Sinica*, Vol.21, 2(2005), 225-236.

3. On Automorphisms of Maps and Klein Surfaces,中国科学院博士后报告，2005.6.

4. A new view of combinatorial maps by Smarandache' notion, e-print: *arXiv: math.GM/0506232*.

5. *Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*, American Research Press, 2005.

6. On automorphism groups of maps, surfaces and Smarandache geometries, *Scientia Magna*, Vol.1(2005), No.2, 55-73.

7. Parallel bundles in planar map geometries, *Scientia Magna*, Vol.1(2005), No.2,120-133.

**2006 年**

1. with Yanpei Liu and Erling Wei) The semi-arc automorphism group of a graph with application to map enumeration, *Graphs and Combinatorics*, Vol.22, No.1 (2006), 93-101.

2. *Smarandache Multi-Space Theory*, Hexis, Phoenix, American 2006.

3. 中国工程建设项目施工招标技巧与案例分析 –Smarandache 重空间招标模型, Xiquan Publishing House, 2006.

4. On algebraic multi-group spaces, *Scientia Magna*, Vol.2,No.1(2006), 64-70.

5. On multi-metric spaces, *Scientia Magna*, Vol.2,No.1(2006), 87-94.

6. On algebraic multi-ring spaces, *Scientia Magna*, Vol.2,No.2(2006), 48-54.

7. On algebraic multi-vector spaces, *Scientia Magna*, Vol.2,No.2(2006), 1-6.

8. 理论物理引发的二十一世纪数学— Smarandache 重空间理论，中国科技论文在线：200607-91。

9. 招标评价体系的数学模型及求解分析, 中国科技论文在线：200607-112。

10. Combinatorial speculation and the combinatorial conjecture for mathematics, *arXiv: math.GM/0606702* and *Sciencepaper Online:200607-128*.

11. A multi-space model for Chinese bidding evaluation with analyzing, *arXiv: math.GM/0605495.*
12. Smarandache 重空间及相关数学组合理论, 见易媛、亢小玉编《Smarandache 问题研究》, High American Press, 2006.

**2007 年**

1. Geometrical theory on combinatorial manifolds, *JP J. Geometry and Topology*, Vol.7, 1(2007), 65-113.
2. An introduction to Smarandache multi-spaces and mathematical combinatorics, *Scientia Magna*, Vol.3, 1(2007), No.1, 54-80.
3. Combinatorial speculation and combinatorial conjecture for mathematics, *International J. Math.Combin.*, Vol.1,2007, 1-19.
4. Pseudo-manifold geometries with applications, *International J. Math.Combin.*, Vol.1,2007, 45-58.
5. A combinatorially generalized Stokes theorem on integration, *International J. Math.Combin.*, Vol.1,2007, 67-86.
6. *Smarandache geometries & map theory with applications*(I), Chinese Branch Xiquan House, 2007.
7. Differential geometry on Smarandache n-manifolds, in Y.Fu, L.Mao and M.Bencze ed. *Scientific Elements*(I), 1-17.
8. Combinatorially differential geometry, in Y.Fu, L.Mao and M.Bencze ed. *Scientific Elements*(I), 155-195.
9. 工程建设项目招标采购理论与实践, American Research Press, 2007.

**2008 年**

1. Curvature Equations on Combinatorial Manifolds with Applications to Theoretical Physics, *International J. Mathem.Combin.*, Vol.1, 2008,16-35.
2. Combinatorially Riemannian Submanifolds, *International J. Math.Combin.*, Vol.2, 2008, 23-45.
3. Extending Homomorphism Theorem to Multi-Systems, International J. Math.Combin., Vol.3, 2008,1-27.
4. Actions of Multi-groups on Finite Sets, *International J. Mathe.Combin.*, Vol.3, 2008, 111-121.

## 2009 年

1. Topological Multi-groups and Multi-fields, *International J. Math.Combin.*, Vol.1, 2009, 8-17.
2. Euclidean Pseudo-Geometry on $R^n$, *International J. Math.Combin.*, Vol.1, 2009, 90-95.
3. 推动招标投标市场不断走向规范，中国建设报，2009 年 1 月 24 日。
4. 全国招标采购人员职业水平考试辅导教材之四 -《招标采购案例分析》(副主编)，中国计划出版社，2009。
5. Combinatorial Fields - An Introduction, *International J. Math.Combin.*, Vol.3, 2009, 01-22.
6. *Combinatorial Geometry with Application to Field Theory*, InfoQuest Press, 2009.

## 2010 年

1. Relativity in Combinatorial Gravitational Fields, *Progress in Physics*, Vol.3,2010, 39-50.
2.《2010 年招标师职业水平考试复习指导》–《招标采购案例分析》(主编)，中国计划出版社，2010 年。
3. A Combinatorial Decomposition of Euclidean Spaces $R^n$ with Contribution to Visibility, *International J. Math. Combin.*, Vol.1, 2010, 47-64.
4. Labeling, Covering and Decomposing of Graphs – Smarandache’ s Notion in Graph Theory, *International J. Math. Combin.*, Vol.3, 2010, 108-124.



# 作者简介

# About the Author

**毛林繁**：男，工学博士、数学博士后，美国数学会评论员，美国《国际数学组合杂志》主编。2006 年入选美国《Who's Who》，教育部《中国科技论文在线》优秀学者，现为国家发改委主管协会中国招标投标协会副秘书长、中国科学院管理、决策与信息系统重点实验室研究人员，北京建筑工程学院兼职教授、研究生导师。

1962 年 12 月 31 日出生于四川省德阳市，1978-1980 年四川省万源中学高 80 级 1 班学习；1981 年 -1998 年在中国建筑第二工程局工作，先后担任过技术员、技术队长、科长、项目总工程师等职；1998 年 10 月 -2000 年 6 月任中国法学会基建办公室总工程师；2000 年 7 月 -2007 年 12 月国信招标有限责任公司，历任项目经理、专家办公室主任和副总工程师等职；其间 1999 年 -2002 年北方交通大学攻读博士学位，2003 年 -2005 年中国科学院管理、决策与信息系统重点研究室从事博士后研究工作；2008 年 1 月至今，中国招标投标协会副秘书长。

多年的研究工作主要集中在数学、理论物理和工程建设等领域，先后在国内外一些著名学术刊物上发表 Smarandache 几何、微分几何与理论物理、组合地图、图论和工程建设管理论文 60 多篇，在美国出版过三本数学学术专著、两本工程招标采购理论专著和一本论文集，在英国出版一本数学论文集。从 2007 年 10 月开始，主编国际数学组合丛书《MATHEMATICAL COMBINATORICS 》(INTERNATIONAL BOOK SERIES)，该套丛书已经在美国编辑出版了 10 卷。

在国内参与了 2 本大型建筑工程管理类手册《建筑工程施工组织设计实例应用手册》和《建筑工程施工实例手册》（II 和 VII）的编写；是《中华人民共和国标准施工招标资格预审文件》（2007 版）和《中华人民共和国标准施工招标文件》（2007 版）及其使用指南的主要编写专家；2008 年起担任全国招标师职业水平考试辅导教材指导委员会委员、《招标采购案例分析》一科辅导教材副主编，《2010 年招标师职业水平考试复习指导》之《招标采购案例分析》主编。

**Abstract**: This book is for young students, words of one mathematician, also being a physicist and an engineer to young students. By recalling each of his growth and success steps, beginning as a construction worker, obtained a certification of undergraduate learn by himself and a doctor's degree in university, after then continuously overlooking these obtained achievements, raising new scientific objectives in mathematics and physics by Smarandache's notion and combinatorial principle for his research, tell us the truth that "all roads lead to Rome", which maybe inspires younger researchers and students.

**中文摘要** 这是一本写给青年学生的书，是一位集数学、物理和管理科学与工程多门学科为一身的学者通过自身经历，对青年学生说的话。作者通过一系列文章，回忆了其由一个建筑工人，通过自学完成本科学业，并以同等学历的身份考入高等学校攻读博士学位，以及在后来科学研究中不断否定自我，不断采用组合和 Smarandache 思想给自己提出新的挑战课题进行数学、物理研究的过程，讲述了"条条道路通罗马"的成才之路，对勉励广大的青年学生成才具有激励和借鉴作用。

ISBN 1-59973-032-4

